

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Yoichi OIKAWA

Application No.: Unassigned

Group Art Unit: Unassigned

Filed: February 20, 2004

Examiner: Unassigned

For: OPTICAL CROSS-CONNECT APPARATUS

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant submits herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2003-043665

Filed: February 21, 2003

It is respectfully requested that the applicant be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: February 20, 2004

By: 

William F. Herbert
Registration No. 31,024

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 2 1 日
Date of Application:

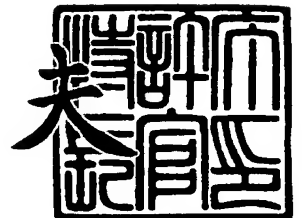
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 3 6 6 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 4 3 6 6 5]

出 願 人 富 士 通 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 1 6 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 4 4 9 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 0252395

【提出日】 平成15年 2月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04Q 3/52

【発明の名称】 光クロスコネクト装置

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 北海道札幌市北区北七条西四丁目 3 番地 1 富士通東日本
本デジタル・テクノロジー株式会社内

【氏名】 及川 陽一

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100092152

【弁理士】

【氏名又は名称】 服部 毅巖

【電話番号】 0426-45-6644

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009874

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705176

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光クロスコネクタ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力光信号の WDM 数が n 、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ で WDM 波長数が m の場合に、非閉塞の光クロスコネクタを行う光クロスコネクタ装置において、

入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重された WDM 信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長を生成する n 個の第 1 の波長変換部と、

前記第 1 の波長変換部によって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第 1 の分波器と、分波後の $2m$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第 1 の合波器と、から構成され、前記第 1 の分波器と前記第 1 の合波器の接続を、 $2m/n$ 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のクロスコネクタを行う第 1 の波長クロスコネクタ部と、

前記第 1 の波長クロスコネクタ部によってクロスコネクタされた後の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $2m$ 個の波長を生成する n 個の第 2 の波長変換部と、

前記第 2 の波長変換部によって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第 2 の分波器と、分波後の $2m$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第 2 の合波器と、から構成され、前記第 2 の分波器と前記第 2 の合波器の接続を、 $2m/n$ 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のクロスコネクタを行う第 2 の波長クロスコネクタ部と、

前記第 2 の波長クロスコネクタ部によってクロスコネクタされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する n 個の第 3 の波長変換部と、

を有することを特徴とする光クロスコネクタ装置。

【請求項 2】 入力光信号の WDM 数が n 、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ で WDM 波長数が m の場合に、非閉塞の光クロスコネクタを行う光クロスコネクタ装置において、

入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重された WDM 信号に対し、波長変換を

行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長を生成する n 個の第1の波長変換部と、

前記第1の波長変換部によって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第1の分波器と、分波後の m 個の波長の光信号を合波する $2n$ 個の第1の合波器と、から構成され、前記第1の分波器と前記第1の合波器の接続を、 m/n 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクトを行う第1の波長カロスコネクト部と、

前記第1の波長カロスコネクト部によってカロスコネクトされた後の m 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 m 個の波長を生成する $2n$ 個の第2の波長変換部と、

前記第2の波長変換部によって波長変換された光信号を m 個の波長に分波する $2n$ 個の第2の分波器と、分波後の $2m$ 個の波長数の光信号を合波する n 個の第2の合波器と、から構成され、前記第2の分波器と前記第2の合波器の接続を、 m/n 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクトを行う第2の波長カロスコネクト部と、

前記第2の波長カロスコネクト部によってカロスコネクトされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する n 個の第3の波長変換部と、

を有することを特徴とする光カロスコネクト装置。

【請求項3】 入力光信号のWDM数が n 、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ でWDM波長数が m の場合に、非閉塞の光カロスコネクトを行う光カロスコネクト装置において、

入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重されたWDM信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m-1}$ の $2m-1$ 個の波長を生成する n 個の第1の波長変換部と、

前記第1の波長変換部によって波長変換された光信号を $2m-1$ 個の波長に分波する n 個の第1の分波器と、分波後の n 個の波長の光信号を合波する $2m-1$ 個の第1の合波器と、から構成され、前記第1の分波器と前記第1の合波器の接続は1本で接続して、波長単位のカロスコネクトを行う第1の波長カロスコネクト部と、

前記第1の波長クロスコネクタ部によってクロスコネクタされた後の n 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 n 個の波長を生成する $2m-1$ 個の第2の波長変換部と、

前記第2の波長変換部によって波長変換された光信号を n 個の波長に分波する $2m-1$ 個の第2の分波器と、分波後の $2m-1$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第2の合波器と、から構成され、前記第2の分波器と前記第2の合波器の接続は1本で接続して、波長単位のカロスコネクタを行う第2の波長クロスコネクタ部と、

前記第2の波長クロスコネクタ部によってクロスコネクタされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m-1}$ の $2m-1$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する n 個の第3の波長変換部と、

を有することを特徴とする光クロスコネクタ装置。

【請求項4】 入力光信号のWDM数が n 、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ でWDM波長数が m の場合に、非閉塞のカロスコネクタを行う光クロスコネクタ装置において、

入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重されたWDM信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{mn}$ の $m \cdot n$ 個の波長を生成する n 個の入力側波長変換部と、

前記入力側波長変換部によって波長変換された光信号を $m \cdot n$ 個の波長に分波する n 個の分波器と、分波後の $m \cdot n$ 個の波長の光信号を合波する n 個の合波器と、から構成され、前記分波器と前記合波器の接続を、 m 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクタを行う波長クロスコネクタ部と、

前記波長クロスコネクタ部によってクロスコネクタされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{mn}$ の $m \cdot n$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する n 個の出力側波長変換部と、

を有することを特徴とする光クロスコネクタ装置。

【請求項5】 入力光信号のWDM数が n 、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ でWDM波長数が m の場合に、光クロスコネクタを行う光クロスコネクタ装置において、

入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重された WDM 信号に対し、波長変換を行って、 m 個の波長を生成する n 個の入力側波長変換部と、

前記入力側波長変換部によって波長変換された光信号を m 個の波長に分波する n 個の分波器と、分波後の m 個の波長の光信号を合波する n 個の合波器と、から構成され、波長単位のクロスコネクトを行う波長クロスコネクト部と、

前記波長クロスコネクト部によってクロスコネクトされた後の光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する n 個の出力側波長変換部と、

を有することを特徴とする光クロスコネクト装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光クロスコネクト装置に関し、特に WDM (Wavelength Division Multiplex) 信号の光クロスコネクトを行う光クロスコネクト装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信ネットワークは、情報通信ネットワークの基盤形成の核となるもので、一層のサービスの高度化、広域化が望まれており、中でも WDM は光伝送システムの中心技術として、急速に開発が進んでいる。WDM は、波長の異なる光を多重して、1 本の光ファイバで複数の信号を同時に伝送する方式である。

【0003】

一方、広大なフォトニックネットワークを構築するためには、WDM システム同士を接続して、各ノード間をループ状に接続したリング型ネットワークや、メッシュ状に接続したメッシュ型ネットワークなどが適用される。このようなネットワークを構築する際のキーテクノロジーとなるものに光クロスコネクト (OXC: optical cross-connect) 装置がある。

【0004】

OXC 装置は、ネットワークのノード内に設置されて、入力ポートに入力された光信号を目的の出力ポートへ出力するようスイッチングを行ったり、光信号の

挿入・分岐 (Add・Drop) を行う装置である。また、OXC装置のスイッチング部には、通常、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) を用いた大規模な空間光マトリクス・スイッチが適用されており、1000チャネル程度のスイッチングができるものを目指して実用開発が進められている。

【0005】

従来のOXC装置の構成では、WDM伝送された光信号に対し、光信号を分波器で分離してから、光信号を一旦電気変換した後に光信号に再度変換するOEO (Optical-Electrical-Optical) で構成された波長変換部 (トランスポンダ) で終端する。そして、光レベルで光マトリクス・スイッチに入力してスイッチングを行った後に、再びトランスポンダで波長変換してから合波器で合波し、WDM信号として次段へ伝送する (例えば、特許文献1)。

【0006】

【特許文献1】

特開2000-134649号公報 (段落番号 [0020] ~ [0037] , 第1図)

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来のOXC装置では、MEMSのような微小電気機械部品を用いたスイッチセルによる光マトリクス・スイッチによって、光クロスコネクトを実現しているため、高集積光スイッチ素子の高度な製造性や複雑な制御性などの理由により、1000チャネル程度が上限であり、1000×1000のスイッチサイズ (スイッチ規模) でスループットは高々10Tb/sであった。

【0008】

このため、従来のOXC装置では、1000チャネルを越えた、大容量のスイッチングを行うことができず、次世代のマルチメディアネットワーク構築に対する発展性が期待できないといった問題があった。

【0009】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、大規模のスイッチングを行って高スループットな光クロスコネクトを実現した光クロスコネクト装置を提

供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明では上記課題を解決するために、図1に示すような、入力光信号のWDM数が n 、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ でWDM波長数が m の場合に、非閉塞の光クロスコネクトを行う光クロスコネクト装置10において、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重されたWDM信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長を生成する n 個の第1の波長変換部11-1 \sim 11- n と、第1の波長変換部11-1 \sim 11- n によって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第1の分波器12a-1 \sim 12a- n と、分波後の $2m$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第1の合波器12b-1 \sim 12b- n と、から構成され、第1の分波器12a-1 \sim 12a- n と第1の合波器12b-1 \sim 12b- n の接続を、 $2m/n$ 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクトを行う第1の波長クロスコネクト部12と、第1の波長クロスコネクト部12によってクロスコネクトされた後の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $2m$ 個の波長を生成する n 個の第2の波長変換部13-1 \sim 13- n と、第2の波長変換部13-1 \sim 13- n によって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第2の分波器14a-1 \sim 14a- n と、分波後の $2m$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第2の合波器14b-1 \sim 14b- n と、から構成され、第2の分波器14a-1 \sim 14a- n と第2の合波器14b-1 \sim 14b- n の接続を、 $2m/n$ 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクトを行う第2の波長クロスコネクト部14と、第2の波長クロスコネクト部14によってクロスコネクトされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する n 個の第3の波長変換部15-1 \sim 15- n と、を有することを特徴とする光クロスコネクト装置10が提供される。

【0011】

ここで、第1の波長変換部11-1 \sim 11- n は、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個

の波長が多重されたWDM信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長を生成する。第1の波長クロスコネクタ部12は、第1の波長変換部11-1 \sim 11-nによって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第1の分波器12a-1 \sim 12a-nと、分波後の $2m$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第1の合波器12b-1 \sim 12b-nと、から構成され、第1の分波器12a-1 \sim 12a-nと第1の合波器12b-1 \sim 12b-nの接続を、 $2m/n$ 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクタを行う。第2の波長変換部13-1 \sim 13-nは、第1の波長クロスコネクタ部12によってカロスコネクタされた後の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $2m$ 個の波長を生成する。第2の波長クロスコネクタ部14は、第2の波長変換部13-1 \sim 13-nによって波長変換された光信号を $2m$ 個の波長に分波する n 個の第2の分波器14a-1 \sim 14a-nと、分波後の $2m$ 個の波長の光信号を合波する n 個の第2の合波器14b-1 \sim 14b-nと、から構成され、第2の分波器14a-1 \sim 14a-nと第2の合波器14b-1 \sim 14b-nの接続を、 $2m/n$ 本の接続束で波長が重複しないように接続して、波長単位のカロスコネクタを行う。第3の波長変換部15-1 \sim 15-nは、第2の波長クロスコネクタ部14によってカロスコネクタされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図1は本発明の光クロスコネクタ装置の原理図である。光クロスコネクタ装置10は、入力光信号のWDM数が n （WDMルート数が n ）、入力光信号の多重されている波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ でWDM波長数（波長多重数）が m の場合に、非閉塞（非閉塞スイッチの内容については後述する）の光クロスコネクタを行う装置である。なお、図1に示す光クロスコネクタ装置10を第1の実施の形態とする。

【0013】

光クロスコネクタ装置10は、第1の波長変換部11-1 \sim 11-n（以下、

波長変換部 11-1 ~ 11-n)、第1の波長クロスコネクタ部 12 (以下、波長クロスコネクタ部 12)、第2の波長変換部 13-1 ~ 13-n (以下、波長変換部 13-1 ~ 13-n)、第2の波長クロスコネクタ部 14 (以下、波長クロスコネクタ部 14)、第3の波長変換部 15-1 ~ 15-n (以下、波長変換部 15-1 ~ 15-n) から構成される。なお、以降の説明で各構成要素を総称する場合は、ハイフン以下の数字は略す (例えば、波長変換部 11-1 ~ 11-n は、波長変換部 11 と記す)。

【0014】

波長変換部 11-1 ~ 11-n は、n 個配置して、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重された WDM 信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の 2m 個の波長を生成する。

【0015】

波長クロスコネクタ部 12 は、パッシブな光デバイスである、第1の分波器 12a-1 ~ 12a-n (以下、分波器 12a-1 ~ 12a-n) と第1の合波器 12b-1 ~ 12b-n (以下、合波器 12b-1 ~ 12b-n) とを含み、波長単位のクロスコネクタを行う。なお、本発明の分波器及び合波器には、AWG (Arrayed Waveguide Grating: アレイ導波路型光合分波器) を適用するものとする。

【0016】

分波器 12a-1 ~ 12a-n は、n 個配置して、波長変換部 11-1 ~ 11-n によって波長変換された光信号を 2m 個の波長に分波する。合波器 12b-1 ~ 12b-n は、n 個配置して、分波後の 2m 個の波長の光信号を合波する。また、分波器 12a-1 ~ 12a-n と合波器 12b-1 ~ 12b-n の接続は、 $2m/n$ 本の接続束で各波長が重複しないように接続する (図中の太実線は $2m/n$ 本の束を表す)。

【0017】

波長変換部 13-1 ~ 13-n は、n 個配置して、波長クロスコネクタ部 12 によってクロスコネクタされた後の 2m 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、2m 個の波長を生成する。

【0018】

波長クロスコネクタ部 14 は、第 2 の分波器 14 a-1 ~ 14 a-n (以下、分波器 14 a-1 ~ 14 a-n) と第 2 の合波器 14 b-1 ~ 14 b-n (以下、合波器 14 b-1 ~ 14 b-n) とを含み、波長単位のクロスコネクタを行う。

【0019】

分波器 14 a-1 ~ 14 a-n は、n 個配置して、波長変換部 13-1 ~ 13-n によって波長変換された光信号を 2m 個の波長に分波する。合波器 14 b-1 ~ 14 b-n は、n 個配置して、分波後の 2m 個の波長の光信号を合波する。また、分波器 14 a-1 ~ 14 a-n と合波器 14 b-1 ~ 14 b-n の接続は、2m/n 本の接続束で各波長が重複しないように接続する。

【0020】

波長変換部 15-1 ~ 15-n は、波長クロスコネクタ部 14 によってクロスコネクタされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の 2m 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して WDM 信号として送出する。

【0021】

次に $n=2$ 、 $m=2$ の簡単な例を示して、光クロスコネクタ装置 (以降、本発明の光クロスコネクタ装置を λ ベース XC 装置とも呼ぶ) 10 の動作の流れについて説明する。図 2 は $n=2$ 、 $m=2$ のときの λ ベース XC 装置の動作を説明するための図である。WDM1 の入力光信号は、 $\lambda_{\alpha 1}$ 、 $\lambda_{\alpha 2}$ の 2 つの波長が多重されており、WDM2 の入力光信号は、 $\lambda_{\beta 1}$ 、 $\lambda_{\beta 2}$ の 2 つの波長が多重されている。

【0022】

そしてここでは、光クロスコネクタを施した後、WDM1 の装置出力側からは $\lambda_{\alpha 1}$ 、 $\lambda_{\beta 2}$ の波長が多重された光信号が送出し、WDM2 の装置出力側からは $\lambda_{\beta 1}$ 、 $\lambda_{\alpha 2}$ の波長が多重された光信号が送出するものとする。

【0023】

波長変換部 11-1 は、 $\lambda_{\alpha 1}$ を λ_A 、 λ_B に変換し、 $\lambda_{\alpha 2}$ を λ_C 、 λ_D に

変換して、波長数 2 を波長数 4 にする。波長変換部 11-2 は、 $\lambda \beta 1$ を λa 、 λb に変換し、 $\lambda \alpha 2$ を λc 、 λd に変換して、波長数 2 を波長数 4 にする ($m \rightarrow 2m$)。

【0024】

一方、合分波器間の接続は、 $2m/n$ 本の接続束で各波長が重複しないように接続するのであるから、ここでは 2 本 ($= 2 \cdot 2 / 2$) の接続束で、分波器 12a-1 から λA 、 λC の 2 本を合波器 12b-1 へつなぎ、分波器 12a-1 から λB 、 λD の 2 本を合波器 12b-2 へつなぐ。同様に、分波器 12a-2 から λa 、 λc の 2 本を合波器 12b-1 へつなぎ、分波器 12a-2 から λb 、 λd の 2 本を合波器 12b-2 へつなぐ。そして、波長単位のカロスコネクタを行って、合波器 12b-1、12b-2 から合波信号が出力される。

【0025】

ここで、“波長が重複しないように接続する”とは、同じ波長が同一の合波器へ入力されないように接続するということである。すなわち、ここでは同じ接続束 ($2m/n$ 本) の中に、同じ波長がだぶらないように接続する。例えば、分波器 12a-1 から合波器 12b-1 を接続する 2 本に対して、 λA 、 λB とすると、これは $\lambda \alpha 1$ がだぶってしまうことになるので、上記のように λA 、 λC を接続することになる。

【0026】

波長変換部 13-1 は、 λA 、 λC 、 λa 、 λc が多重された信号を受信すると、 $\lambda A \rightarrow \lambda E$ 、 $\lambda C \rightarrow \lambda F$ 、 $\lambda a \rightarrow \lambda G$ 、 $\lambda c \rightarrow \lambda H$ の変換を行い、波長変換部 13-2 は、 λB 、 λD 、 λb 、 λd が多重された信号を受信すると、 $\lambda B \rightarrow \lambda g$ 、 $\lambda D \rightarrow \lambda h$ 、 $\lambda b \rightarrow \lambda e$ 、 $\lambda d \rightarrow \lambda f$ の変換を行う。なお、波長変換後の波長数は、変換前の 4 波であり変わらない ($2m \rightarrow 2m$)。

【0027】

分波器 14a-1 から λE 、 λF の 2 本を合波器 14b-1 へつなぎ、分波器 14a-1 から λG 、 λH の 2 本を合波器 14b-2 へつなぐ。また、分波器 14a-2 から λe 、 λf の 2 本を合波器 14b-1 へつなぎ、分波器 14a-2 から λg 、 λh の 2 本を合波器 14b-2 へつなぐ。そして、波長単位のカロス

コネクトを行って、合波器 14b-1、14b-2 から合波信号が出力される。

【0028】

波長変換部 15-1 は、 λE 、 λF 、 λe 、 λf の合波信号を受信すると、 λE と λf の波長変換を行って $\lambda \alpha 1$ 、 $\lambda \beta 2$ を生成して、WDM1 から $\lambda \alpha 1$ 、 $\lambda \beta 2$ の波長多重信号を送出する。また、波長変換部 15-2 は、 λG 、 λH 、 λg 、 λh の合波信号を受信すると、 λG と λh の波長変換を行って $\lambda \beta 1$ 、 $\lambda \alpha 2$ を生成して、WDM2 から $\lambda \beta 1$ 、 $\lambda \alpha 2$ の波長多重信号を送出する。

【0029】

次に波長変換部の構成について説明する。図 3、図 4 は波長変換部の構成を示す図である。本発明の波長変換部は、分波器、波長変換素子、合波器から構成される（図 1 の波長変換部 11、13、15 を含め、以降で後述する実施の形態の波長変換部も同様な構成を持つ）。

【0030】

図 3 は、図 2 の波長変換部 11-1 について示している。波長変換部 11-1 は、分波器 11a、波長変換素子 11b-1 ~ 11b-4、合波器 11c、カップラ C1、C2 から構成される。分波器 11a は、 $\lambda \alpha 1$ 、 $\lambda \alpha 2$ が多重されている信号を波長毎に分波する。波長変換素子 11b-1 は $\lambda \alpha 1$ を λA に、波長変換素子 11b-2 は $\lambda \alpha 1$ を λB に変換する。

【0031】

また、波長変換素子 11b-3 は $\lambda \alpha 2$ を λC に、波長変換素子 11b-4 は $\lambda \alpha 2$ を λD に変換する。そして、合波器 11c は、波長変換素子 11b-1 ~ 11b-4 から出力された λA 、 λB 、 λC 、 λD の信号を合波して出力する。

【0032】

図 4 は、図 2 の波長変換部 15-1 について示している。波長変換部 15-1 は、分波器 15a、波長変換素子 15b-1 ~ 15b-4、合波器 15c、カップラ C3、C4 から構成される。分波器 15a は、 λE 、 λF 、 λe 、 λf が多重されている信号を波長毎に分波する。波長変換素子 15b-1 は λE を $\lambda \alpha 1$ に、波長変換素子 15b-2 は λF を $\lambda \alpha 2$ に変換する。

【0033】

また、波長変換素子 15b-3 は λ_e を $\lambda_{\beta 1}$ に、波長変換素子 15b-4 は λ_f を $\lambda_{\beta 2}$ に変換する。なお、波長変換素子 15b-1 ~ 15b-4 は、上位レイヤからの指示にもとづき動作する。そして、合波器 15c は、カップラ C3、C4 を介して、ここでは波長変換素子 15b-1、15b-4 から出力された $\lambda_{\alpha 1}$ 、 $\lambda_{\beta 2}$ の信号を合波して出力する。

【0034】

以上説明したように、 λ ベース XC 装置 10 においては、装置内で扱う波長数は、入力波長数 m の 2 倍の $2m$ とする。このことはすなわち、スイッチ通路を装置内では 2 倍用意しているということである（波長数＝光路）。そして、時分割処理を行わずに $2m$ 個の波長をアロケートして、AWG のようなパッシブなデバイスを用いた合分波器によって光路を切り換えることにより、光クロスコネクトを実現している。

【0035】

これにより、MEMS 等を用いて空間的に光路を切り換える従来技術と比較して、スイッチ素子の高度な製造性や複雑な制御性などに制限を受けることがないので、大規模のスイッチングを行うことができ、高スループットな光クロスコネクトを実現することが可能になる。

【0036】

次にスイッチの閉塞、非閉塞について説明する。スイッチには、スイッチング時に目的ポートにパスを張ろうとすると、輻輳が生じるおそれのある閉塞（ブロッキング：blocking）タイプのスイッチと、スイッチング時に輻輳が生じることのない非閉塞（ノンブロッキング：non-blocking）タイプのスイッチとがあり、上記で説明した λ ベース XC 装置 10 は輻輳が生じない完全非閉塞タイプのスイッチである。以下、閉塞タイプ、非閉塞タイプのスイッチの違いと、非閉塞タイプの空間スイッチの構成例について説明する。

【0037】

図 5 は閉塞タイプのスイッチの一例を示す図である。入線が 2 本、出線が 2 本の 2×2 のスイッチ SW51 ~ SW54 を、1 段目にスイッチ SW51、SW52 を配置し、2 段目にスイッチ SW53、SW54 を配置して、全体で 4×4 の

スイッチを構成する。

【0038】

また、スイッチSW51は、入線側にポートp1a、p2a、出線側にポートp3a、p4aを有し、スイッチSW52は、入線側にポートp1b、p2b、出線側にポートp3b、p4bを有し、スイッチSW53は、入線側にポートp1c、p2c、出線側にポートp3c、p4cを有し、スイッチSW54は、入線側にポートp1d、p2d、出線側にポートp3d、p4dを有している。

【0039】

そして、ポートp3aとポートp1cがラインL1と接続し、ポートp4aとポートp1dがラインL2と接続し、ポートp3bとポートp2cがラインL3と接続し、ポートp4bとポートp2dがラインL4と接続する。

【0040】

このような構成に対し、図に示すパス（スイッチングパス）の向きについて記すと、パスP1（ポートp1a→ポートp3a）、パスP2（ポートp2a→ポートp4a）、パスP3（ポートp1b→ポートp3b）、パスP4（ポートp2b→ポートp4b）、パスP5（ポートp1c→ポートp3c）、パスP6（ポートp2c→ポートp4c）、パスP7（ポートp1d→ポートp3d）、パスP8（ポートp2d→ポートp4d）である。

【0041】

このようなパスによって、入信号（s1、s2、s3、s4）は、1段目のスイッチSW51、SW52の入線側から入力して、1段目及び2段目のスイッチによりスイッチングされると、2段目のスイッチSW53、SW54の出線側から出信号（s1、s3、s2、s4）の並びで出力されることになる。

【0042】

ここで、この状態から、信号s3と信号s2はそのまま、信号s1と信号s4の順番を入れ替えて、入信号（s1、s2、s3、s4）を出信号（s4、s3、s2、s1）の並びにスイッチングする場合を考える。

【0043】

信号s1の経路について見ると、スイッチSW51のパスP1は、ポートp1

a→ポート p 4 a へ向け、ライン L 2 を通った後に、スイッチ SW 5 4 のパス P 7 の向きをポート p 1 d→ポート p 4 d へ向けることになる。また、信号 s 4 の経路について見ると、スイッチ SW 5 2 のパス P 4 は、ポート p 2 b→ポート p 3 b へ向け、ライン L 3 を通った後に、スイッチ SW 5 3 のパス P 6 の向きをポート p 2 c→ポート p 3 c へ向けることになる。

【0044】

ところが、このようなスイッチング操作を行ってしまうと、それぞれのスイッチ内のパスが輻輳してしまうことがわかる（例えば、スイッチ SW 5 1 では、パス P 1 とパス P 2 がポート 4 a でぶつかってしまう）。このため、上記の場合、信号 s 1、s 4 のみの順番を入れ替えることはできず、信号 s 1、s 4 の順番を入れ替えるためには、信号 s 2、s 3 の順番まで入れ替えなければならないことになる（結局、出信号（s 4、s 2、s 3、s 1）とするしかない）。

【0045】

ここで、 $m \times m$ の閉塞スイッチでは、入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立してしまうと、スイッチ内の残りの 1 本のパスの行き先が決まってしまう。例えば、図 5 のスイッチ SW 5 1 では、ライン L 2 を通すパス P 2 が確立してしまうと、もう一方のパス P 1 はライン L 1 に向かうしかない（最も本数の少ない例である）。このような構成の閉塞タイプのスイッチでは、ある箇所のスイッチングを行おうとすると、上述のように他の箇所まで影響を与えてしまうことになる。

【0046】

図 6 は非閉塞タイプのスイッチの一例を示す図である。入線が 2 本、出線が 4 本の 2×4 のスイッチ SW 6 1～SW 6 4 を、1 段目にスイッチ SW 6 1、SW 6 2 を配置し、2 段目にスイッチ SW 6 3、SW 6 4 を配置して、全体で 4×4 のスイッチを構成する。

【0047】

また、スイッチ SW 6 1 は、入線側にポート p 1 a、p 2 a、出線側にポート p 3 a～p 6 a を有し、スイッチ SW 6 2 は、入線側にポート p 1 b、p 2 b、出線側にポート p 3 b～p 6 b を有し、スイッチ SW 6 3 は、入線側にポート p 1 c～p 4 c、出線側にポート p 5 c、p 6 c を有し、スイッチ SW 6 4 は、入

線側にポート p 1 d ~ p 4 d、出線側にポート p 5 d、p 6 d を有している。

【0048】

そして、ポート p 3 a とポート p 1 c がライン L 1 と接続し、ポート p 4 a とポート p 2 c がライン L 2 と接続し、ポート p 5 a とポート p 1 d がライン L 3 と接続し、ポート p 6 a とポート p 2 d がライン L 4 と接続する。

【0049】

さらに、ポート p 3 b とポート p 3 c がライン L 5 と接続し、ポート p 4 b とポート p 4 c がライン L 6 と接続し、ポート p 5 b とポート p 3 d がライン L 7 と接続し、ポート p 6 b とポート p 4 d がライン L 8 と接続する。

【0050】

このような構成に対し、図に示すパス（スイッチングパス）の向きについて記すと、パス P 1（ポート p 1 a → ポート p 3 a）、パス P 2（ポート p 2 a → ポート p 6 a）、パス P 3（ポート p 1 b → ポート p 3 b）、パス P 4（ポート p 2 b → ポート p 6 b）、パス P 5（ポート p 1 c → ポート p 5 c）、パス P 7（ポート p 3 c → ポート p 6 c）、パス P 10（ポート p 2 d → ポート p 5 d）、パス P 12（ポート p 4 d → ポート p 6 d）である。

【0051】

このようなパスによって、入信号（s 1、s 2、s 3、s 4）は、1 段目のスイッチ SW 6 1、SW 6 2 の入線側から入力して、1 段目及び 2 段目のスイッチによりスイッチングされると、2 段目のスイッチ SW 6 3、SW 6 4 の出線側から出信号（s 1、s 3、s 2、s 4）の並びで出力されることになる。

【0052】

ここで、この状態から、信号 s 3 と信号 s 2 はそのまま、信号 s 1 と信号 s 4 の順番を入れ替えて、入信号（s 1、s 2、s 3、s 4）を出信号（s 4、s 3、s 2、s 1）の並びにスイッチングする場合を考える。

【0053】

図 7 はスイッチング後のパス状態を示す図である。信号 s 1 の経路について見ると、スイッチ SW 6 1 のパス P 1 は、ポート p 1 a → ポート p 5 a へ向け、ライン L 3 を通った後に、スイッチ SW 6 4 からパス P 9 の向きをポート p 1 d か

らポート p 6 d へ向けることになる。また、信号 s 4 の経路について見ると、スイッチ SW 6 2 のパス P 4 は、ポート p 2 b → ポート p 4 b へ向け、ライン L 6 を通った後に、スイッチ SW 6 3 からパス P 8 の向きをポート p 4 c からポート p 5 c へ向けることになる。

【0054】

図からわかるように、このようなスイッチング操作を行っても、それぞれのスイッチ内のパスが輻輳することはない（信号 s 3、s 2 の経路はそのまま）。したがって、信号 s 1、s 4 のみの順番を入れ替えることができ、信号（s 4、s 3、s 2、s 1）とすることができる。

【0055】

このように、入線の本数に対して、およそ 2 倍近くの本数の出線を持つスイッチを多段に組み合わせれば、入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立しても、スイッチ内の残り 1 本のパスの行き先が固定的に決まってしまうことはなくなる。例えば、図 7 のスイッチ SW 6 1 では、ライン L 4 を通すパス P 2 が確立しても、もう一方のパス P 1 は残り 3 通り（ポート p 3 a ~ p 5 a）のライン L 1 ~ L 3 の選択性がある。このような構成の非閉塞タイプのスイッチでは、他の箇所に影響を与えることなく、ある箇所のスイッチングを自由に行うことができる。

【0056】

次に非閉塞タイプの空間スイッチの例について図 8 ~ 図 11 を用いて説明する。図 8 は非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。空間スイッチ SW 10 は、2 段構成からなり、1 段目に入線が m 本、出線が $m \cdot n$ 本の $m \times m \cdot n$ のスイッチ SW 11-1 ~ SW 11-n と、2 段目に入線が $m \cdot n$ 本、出線が m 本の $m \cdot n \times m$ のスイッチ SW 12-1 ~ SW 12-n とから構成され、全体で $m \cdot n \times m \cdot n$ のスイッチである。また、1 段目の $m \times m \cdot n$ スイッチは n 個、2 段目の $m \cdot n \times m$ スイッチは n 個なので、全体で $m \times m \cdot n$ スイッチが $2n$ 個ある（1 段目と 2 段目は同じスイッチ）。

【0057】

さらに、1 段目のスイッチ SW 11-1 の出線は、 m 本のラインの束が n あり、 m 本の各ライン束は、2 段目のスイッチ SW 12-1 ~ SW 12-n とそれぞ

れ接続する。スイッチ $SW11-2 \sim SW11-n$ からの出線も同様にして、2 段目のスイッチ $SW12-1 \sim SW12-n$ とそれぞれ接続する。

【0058】

ここで、1 段目の単位スイッチ（スイッチ $SW11-1 \sim SW11-n$ のいずれかのスイッチのこと）の入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立した場合、残り 1 本が張れるパスの本数は、出線本数から $(m-1)$ を引いて、 $m \cdot n - (m-1) = m(n-1) + 1$ である。したがって、 $m(n-1) + 1$ 通りに自由にパスが張れるので、空間スイッチ $SW10$ は非閉塞タイプである。

【0059】

図 9 は非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。空間スイッチ $SW20$ は、3 段構成からなり、1 段目に入線が m 本、出線が $(2m-1)$ 本の $m \times (2m-1)$ のスイッチ $SW21-1 \sim SW21-n$ と、2 段目に入線が n 本、出線が n 本の $n \times n$ のスイッチ $SW22-1 \sim SW22-(2m-1)$ と、3 段目に入線が $(2m-1)$ 本、出線が m 本の $(2m-1) \times m$ のスイッチ $SW23-1 \sim SW23-n$ とから構成され、全体で $m \cdot n \times m \cdot n$ のスイッチである。

【0060】

また、1 段目の $m \times (2m-1)$ スイッチが n 個、2 段目の $n \times n$ スイッチが $(2m-1)$ 個、3 段目の $(2m-1) \times m$ スイッチが n 個なので、全体で $m \times (2m-1)$ スイッチが $2n$ 個（1 段目と 3 段目は同じスイッチ）、 $n \times n$ スイッチが $(2m-1)$ 個ある。

【0061】

さらに、1 段目のスイッチ $SW21-1$ の出線は、 $2m-1$ 本なので、1 本ずつ 2 段目のスイッチ $SW22-1 \sim SW22-(2m-1)$ とそれぞれ接続する。スイッチ $SW21-2 \sim SW21-n$ からの出線も同様にして、2 段目のスイッチ $SW22-1 \sim SW22-(2m-1)$ とそれぞれ接続する。

【0062】

また、2 段目のスイッチ $SW22-1$ の出線は、 n 本なので、1 本ずつ 3 段目のスイッチ $SW23-1 \sim SW23-n$ とそれぞれ接続する。スイッチ $SW22-2 \sim SW22-(2m-1)$ からの出線も同様にして、3 段目のスイッチ SW

23-1～SW23-nとそれぞれ接続する。

【0063】

ここで、1段目の単位スイッチの出線は $(2m-1)$ 本であるから、1段目の単位スイッチから2段目の $(2m-1)$ 個のスイッチSW22-1～22- $(2m-1)$ へ向かうパスの本数は $(2m-1)$ 本である。また、3段目の単位スイッチの入線は $(2m-1)$ 本であるから、2段目の $(2m-1)$ 個のスイッチSW22-1～22- $(2m-1)$ それぞれから3段目の単位スイッチへ向かうパスの本数は $(2m-1)$ 本である。

【0064】

したがって、1段目スイッチの入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立し、3段目スイッチの入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立した場合でも、 $(2m-1)-(m-1)=m$ 本のパスが1段目→3段目に張ることができるので、空間スイッチSW20は非閉塞タイプである。なお、多段構成の非閉塞スイッチは、Clos型スイッチとも呼ばれる(Charles Closによって提案されたことによる)。

【0065】

図10は非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。図9の変形例である空間スイッチSW30は、3段構成からなり、1段目に入線が m 本、出線が $2m$ 本の $m \times 2m$ のスイッチSW31-1～SW31-nと、2段目に入線が m 本、出線が m 本の $m \times m$ のスイッチSW32-1～SW32-2nと、3段目に入線が $2m$ 本、出線が m 本の $2m \times m$ のスイッチSW33-1～SW33-nとから構成され、全体で $m \cdot n \times m \cdot n$ のスイッチである($m > n$ で m 、 n は偶数)。

【0066】

また、1段目の $m \times 2m$ スイッチが n 個、2段目の $m \times m$ スイッチが $2n$ 個、3段目の $2m \times m$ スイッチが n 個なので、全体で $m \times 2m$ スイッチが $2n$ 個(1段目と3段目は同じスイッチ)、 $m \times m$ スイッチが $2n$ 個ある。

【0067】

さらに、1段目のスイッチSW31-1の出線は $2m$ 本であり、この $2m$ 本が m/n (m/n は整数)本のライン束ごとに2段目のスイッチSW32-1～S

W32-2nとそれぞれ接続する。スイッチSW31-2～SW32-nからの出線も同様にして、2段目のスイッチSW32-1～SW32-2nとそれぞれ接続する。

【0068】

また、2段目のスイッチSW32-1の出線はm本であり、このm本がm/n本のライン束ごとに3段目のスイッチSW33-1～SW33-nとそれぞれ接続する。スイッチSW32-2～SW32-nからの出線も同様にして、3段目のスイッチSW33-1～SW33-nとそれぞれ接続する。

【0069】

ここで、1段目の単位スイッチの出線は2m本であるから、1段目の単位スイッチから2段目の2n個のスイッチSW32-1～32-2nへ向かうパスの本数は2m本である。また、3段目の単位スイッチの入線は2m本であるから、2段目の2n個のスイッチSW32-1～32-2nそれぞれから3段目の単位スイッチへ向かうパスの本数は2m本である。

【0070】

したがって、1段目スイッチの入線m-1本に対応する出線が確立し、3段目スイッチの入線m-1本に対応する出線が確立した場合でも、 $2m - (m - 1) = (m + 1)$ 本のパスが1段目→3段目に張ることができるので、空間スイッチSW30は非閉塞タイプである。

【0071】

図11は非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。図9の変形例である空間スイッチSW40は、3段構成からなり、1段目に入線がm本、出線が2m本の $m \times 2m$ のスイッチSW41-1～SW41-nと、2段目に入線が2m本、出線が2m本の $2m \times 2m$ のスイッチSW42-1～SW42-nと、3段目に入線が2m本、出線がm本の $2m \times m$ のスイッチSW43-1～SW43-nとから構成され、全体で $m \cdot n \times m \cdot n$ のスイッチである(m、nは偶数)。

【0072】

また、1段目の $m \times 2m$ スイッチがn個、2段目の $2m \times 2m$ スイッチがn個

、3段目の $2m \times m$ スイッチが n 個なので、全体で $m \times 2m$ スイッチが $2n$ 個（1段目と3段目は同じスイッチ）、 $2m \times 2m$ スイッチが n 個ある（図10で示した空間スイッチSW30よりもスイッチ構成数は少なくなる）。

【0073】

さらに、1段目のスイッチSW41-1の出線は $2m$ 本であり、この $2m$ 本が $2m/n$ （ $2m/n$ は整数）本のライン束ごとに2段目のスイッチSW42-1～SW42- n とそれぞれ接続する。スイッチSW41-2～SW41- n からの出線も同様にして、2段目のスイッチSW42-1～SW42- n とそれぞれ接続する。

【0074】

また、2段目のスイッチSW42-1の出線は $2m$ 本であり、この $2m$ 本が $2m/n$ 本のライン束ごとに3段目のスイッチSW43-1～SW43- n とそれぞれ接続する。スイッチSW42-2～SW42- n からの出線も同様にして、3段目のスイッチSW43-1～SW43- n とそれぞれ接続する。

【0075】

ここで、1段目の単位スイッチの出線は $2m$ 本であるから、1段目の単位スイッチから2段目の n 個のスイッチSW42-1～SW42- n へ向かうパスの本数は $2m$ 本である。また、3段目の単位スイッチの入線は $2m$ 本であるから、2段目の n 個のスイッチSW42-1～SW42- n それぞれから3段目の単位スイッチへ向かうパスの本数は $2m$ 本である。

【0076】

したがって、1段目スイッチの入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立し、3段目スイッチの入線 $m-1$ 本に対応する出線が確立した場合でも、 $2m-(m-1) = (m+1)$ 本のパスが1段目→3段目に張ることができるので、空間スイッチSW40は非閉塞タイプである。

【0077】

次に λ ベースXC装置10と、図11に示した空間スイッチSW40との対応関係について説明する。図12、図13は λ ベースXC装置10と空間スイッチSW40との対応関係を示す図である。 λ ベースXC装置10の波長変換部11

の入力から波長クロスコネクト部 12 内の分波器 12 a の出力までの区間 A は、空間スイッチ SW 40 の 1 段目の $m \times 2m$ スイッチに対応する。

【0078】

また、波長クロスコネクト部 12 内の合波器 12 b の入力から波長クロスコネクト部 14 内の分波器 14 a の出力までの区間 B は、空間スイッチ SW 40 の 2 段目の $2m \times 2m$ スイッチに対応する。さらに、波長クロスコネクト部 14 内の合波器 14 b の入力から波長変換部 15 の出力までの区間 C は、空間スイッチ SW 40 の 3 段目の $2m \times m$ スイッチに対応する。

【0079】

一方、空間スイッチ SW 40 の区間 a に対し、 λ ベース XC 装置 10 の波長変換部 11 に対する WDM 1 ~ WDM n の物理的な入力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルで見ると、m 本の信号入力としてよく、 $m \times 2m$ スイッチの入線数と等しい。

【0080】

区間 b に対し、n 個の分波器 12 a の出力ファイバは $2m/n$ 本束ねて、n 個の合波器 12 b それぞれに接続するので、 $m \times 2m$ スイッチの出線と $2m \times 2m$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0081】

区間 c に対し、n 個の分波器 14 a の出力ファイバは $2m/n$ 本束ねて、n 個の合波器 14 b それぞれに接続するので、 $2m \times 2m$ スイッチの出線と $2m \times m$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0082】

区間 d に対し、 λ ベース XC 装置 10 に対する波長変換部 15 の WDM 1 ~ WDM n の物理的な出力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルで見ると、m 本の信号出力としてよく、 $2m \times m$ スイッチの出線数と等しい。したがって、 λ ベース XC 装置 10 は、空間スイッチ SW 40 と等価的に等しい構成を持つので、非閉塞スイッチとなる。

【0083】

なお、本発明の λ ベース XC 装置は、空間スイッチは使用せずに、空間スイッ

チの非閉塞タイプとなるスイッチング理論を適用して、波長ベースで光路を切り換えるものである。

【0084】

次に第2の実施の形態の λ ベースXC装置について説明する。図14は第2の実施の形態の λ ベースXC装置の構成を示す図である。 λ ベースXC装置20は、図10に示した非閉塞の空間スイッチSW30を応用した装置である。

【0085】

波長変換部21-1~21-nは、n個配置して、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ のm個の波長が多重されたWDM信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の2m個の波長を生成する。

【0086】

波長クロスコネクト部22は、分波器22a-1~22a-nと合波器22b-1~22b-2nとを含み、波長単位のクロスコネクトを行う。分波器22a-1~22a-nは、n個配置して、波長変換部21-1~21-nによって波長変換された光信号を2m個の波長に分波する。合波器22b-1~22b-2nは、2n個配置して、分波後のm個の波長の光信号を合波する。また、分波器22a-1~22a-nと合波器22b-1~22b-2nの接続は、 m/n 本の接続束で波長が重複しないように接続する（図中の太実線は m/n 本の束を表す）。

【0087】

波長変換部23-1~23-2nは、2n個配置して、波長クロスコネクト部22によってクロスコネクトされた後のm個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、m個の波長を生成する。

【0088】

波長クロスコネクト部24は、分波器24a-1~24a-2nと合波器24b-1~24b-nとを含み、波長単位のクロスコネクトを行う。分波器24a-1~24a-2nは、2n個配置して、波長変換部23-1~23-2nによって波長変換された光信号をm個の波長に分波する。合波器24b-1~24b-nはn個配置して、分波後の2m個の波長数の光信号を合波する。また、分波

器 24a-1 ~ 24a-2n と合波器 24b-1 ~ 24b-n の接続は、 m/n 本の接続束で波長が重複しないように接続する。

【0089】

波長変換部 25-1 ~ 25-n は、 n 個配置して、波長クロスコネクタ部 24 によってクロスコネクタされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ の $2m$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する。

【0090】

次に λ ベース XC 装置 20 と空間スイッチ SW30 との対応関係について説明する。図 15、図 16 は λ ベース XC 装置 20 と空間スイッチ SW30 との対応関係を示す図である。 λ ベース XC 装置 20 の波長変換部 21 の入力から波長クロスコネクタ部 22 内の分波器 22a の出力までの区間 A は、空間スイッチ SW30 の 1 段目の $m \times 2m$ スイッチに対応する。

【0091】

また、波長クロスコネクタ部 22 内の合波器 22b の入力から波長クロスコネクタ部 24 内の分波器 24a の出力までの区間 B は、空間スイッチ SW30 の 2 段目の $m \times m$ スイッチに対応する。さらに、波長クロスコネクタ部 24 内の合波器 24b の入力から波長変換部 25 の出力までの区間 C は、空間スイッチ SW30 の 3 段目の $2m \times m$ スイッチに対応する。

【0092】

一方、空間スイッチ SW30 の区間 a に対し、 λ ベース XC 装置 20 の波長変換部 21 に対する WDM1 ~ WDMn の物理的な入力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルで見ると、 m 本の信号入力としてよく、 $m \times 2m$ スイッチの入線数と等しい。

【0093】

区間 b に対し、 n 個の分波器 22a の出力ファイバは m/n 本束ねて、 $2n$ 個の合波器 22b それぞれに接続するので、 $m \times 2m$ スイッチの出線と $m \times m$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0094】

区間 c に対し、 $2n$ 個の分波器 24 a の出力ファイバは m/n 本束ねて、 n 個の合波器 24 b それぞれに接続するので、 $m \times m$ スイッチの出線と $2m \times m$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0095】

区間 d に対し、 λ ベース XC 装置 20 に対する波長変換部 25 の WDM1 ~ WDMn の物理的な出力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルでみると、 m 本の信号出力としてよく、 $2m \times m$ スイッチの出線数と等しい。したがって、 λ ベース XC 装置 20 は、空間スイッチ SW30 と等価的に等しい構成を持つので、非閉塞スイッチとなる。

【0096】

次に第 3 の実施の形態の λ ベース XC 装置について説明する。図 17 は第 3 の実施の形態の λ ベース XC 装置の構成を示す図である。 λ ベース XC 装置 30 は、図 9 に示した非閉塞の空間スイッチ SW20 を応用した装置である。

【0097】

波長変換部 31-1 ~ 31-n は、 n 個配置して、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重された WDM 信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m-1}$ の $2m-1$ 個の波長を生成する。

【0098】

波長クロスコネクタ部 32 は、分波器 32 a-1 ~ 32 a-n と合波器 32 b-1 ~ 32 b-($2m-1$) とを含み、波長単位のクロスコネクタを行う。分波器 32 a-1 ~ 32 a-n は、 n 個配置して、波長変換部 31-1 ~ 31-n によって波長変換された光信号を $2m-1$ 個の波長に分波する。合波器 32 b-1 ~ 32 b-($2m-1$) は、 $2m-1$ 個配置して、分波後の n 個の波長の光信号を合波する。また、分波器 32 a-1 ~ 32 a-n と合波器 32 b-1 ~ 32 b-($2m-1$) の接続はそれぞれ 1 本で接続する。

【0099】

波長変換部 33-1 ~ 33-($2m-1$) は、 $2m-1$ 個配置して、波長クロスコネクタ部 32 によってクロスコネクタされた後の n 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 n 個の波長を生成する。

【0100】

波長クロスコネクト部34は、分波器34a-1～34a-(2m-1)と合波器34b-1～34b-nとを含み、波長単位のカロスコネクトを行う。分波器34a-1～34a-(2m-1)は、2m-1個配置して、波長変換部33-1～33-(2m-1)によって波長変換された光信号をn個の波長に分波する。合波器34b-1～34b-nは、n個配置して、分波後の2m-1個の波長の光信号を合波する。また、分波器34a-1～34a-(2m-1)と合波器34b-1～34b-nの接続はそれぞれ1本で接続する。

【0101】

波長変換部35-1～35-nは、波長クロスコネクト部34によってカロスコネクトされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{2m-1}$ の2m-1個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ のm個の波長を生成して送出する。

【0102】

次に λ ベースXC装置30と空間スイッチSW20との対応関係について説明する。図18、図19は λ ベースXC装置30と空間スイッチSW20との対応関係を示す図である。 λ ベースXC装置30の波長変換部31の入力から波長クロスコネクト部32内の分波器32aの出力までの区間Aは、空間スイッチSW20の1段目の $m \times (2m-1)$ スイッチに対応する。

【0103】

また、波長クロスコネクト部32内の合波器22bの入力から波長クロスコネクト部34内の分波器34aの出力までの区間Bは、空間スイッチSW20の2段目の $n \times n$ スイッチに対応する。さらに、波長クロスコネクト部34内の合波器34bの入力から波長変換部35の出力までの区間Cは、空間スイッチSW20の3段目の $(2m-1) \times m$ スイッチに対応する。

【0104】

一方、空間スイッチSW20の区間aに対し、 λ ベースXC装置30の波長変換部31に対するWDM1～WDMnの物理的な入力線は1本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルで見ると、m本の信号入力としてよく、 $m \times (2m-1)$ スイッチの入線数と等しい。

【0105】

区間 b に対し、 n 個の分波器 32 a の出力ファイバは 1 本で、 $2m-1$ 個の合波器 32 b それぞれに接続するので、 $m \times (2m-1)$ スイッチの出線と $n \times n$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0106】

区間 c に対し、 $2m-1$ 個の分波器 34 a の出力ファイバは 1 本で、 n 個の合波器 34 b それぞれに接続するので、 $n \times n$ スイッチの出線と $(2m-1) \times m$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0107】

区間 d に対し、 λ ベース XC 装置 30 に対する波長変換部 35 の WDM 1 ~ WDM n の物理的な出力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルでみると、 m 本の信号出力としてよく、 $(2m-1) \times m$ スイッチの出線数と等しい。したがって、 λ ベース XC 装置 30 は、空間スイッチ SW 20 と等価的に等しい構成を持つので、非閉塞スイッチとなる。

【0108】

次に第 4 の実施の形態の λ ベース XC 装置について説明する。図 20 は第 4 の実施の形態の λ ベース XC 装置の構成を示す図である。 λ ベース XC 装置 40 は、図 8 に示した非閉塞の空間スイッチ SW 10 を応用した装置である。

【0109】

入力側波長変換部 41-1 ~ 41- n (以下、波長変換部 41-1 ~ 41- n) は、 n 個配置して、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長が多重された WDM 信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_{mn}$ の $m \cdot n$ 個の波長を生成する。

【0110】

波長クロスコネクタ部 42 は、分波器 42 a-1 ~ 42 a- n と、合波器 42 b-1 ~ 42 b- n とを含み、波長単位のクロスコネクタを行う。分波器 42 a-1 ~ 42 a- n は、 n 個配置して、波長変換部 41-1 ~ 41- n によって波長変換された光信号を $m \cdot n$ 個の波長に分波する。合波器 42 b-1 ~ 42 b- n は、 n 個配置して、分波後の $m \cdot n$ 個の波長の光信号を合波する。また、分波器 42 a-1 ~ 42 a- n と合波器 42 b-1 ~ 42 b- n の接続は、 m 本の接

続束で波長が重複しないように接続する。

【0111】

出力側波長変換部 43-1 ~ 43-n は、n 個配置して、波長クロスコネクト部 42 によってクロスコネクトされた後の $\lambda_1 \sim \lambda_{mn}$ の $m \cdot n$ 個の波長が多重している光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ の m 個の波長を生成して送出する。

【0112】

次に λ ベース XC 装置 40 と空間スイッチ SW10 との対応関係について説明する。図 21、図 22 は λ ベース XC 装置 40 と空間スイッチ SW10 との対応関係を示す図である。 λ ベース XC 装置 40 の波長変換部 41 の入力から波長クロスコネクト部 42 内の分波器 42a の出力までの区間 A は、空間スイッチ SW10 の 1 段目の $m \times mn$ スイッチに対応する。

【0113】

また、波長クロスコネクト部 42 内の合波器 42b の入力から波長変換部 43 の出力までの区間 B は、空間スイッチ SW10 の 2 段目の $mn \times n$ スイッチに対応する。

【0114】

一方、空間スイッチ SW10 の区間 a に対し、 λ ベース XC 装置 40 の波長変換部 41 に対する WDM1 ~ WDMn の物理的な入力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルで見ると、 m 本の信号入力としてよく、 $m \times mn$ スイッチの入線数と等しい。

【0115】

区間 b に対し、 n 個の分波器 42a の出力ファイバは m 本束ねて、 n 個の合波器 42b それぞれに接続するので、 $m \times mn$ スイッチの出線と $mn \times m$ スイッチの入線との関係と等しい。

【0116】

区間 c に対し、 λ ベース XC 装置 40 に対する波長変換部 43 の WDM1 ~ WDMn の物理的な出力線は 1 本であるが、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_m$ であるため、波長レベルで見ると、 m 本の信号出力としてよく、 $mn \times m$ スイッチの出線数と等しい。

。したがって、 λ ベースXC装置40は、空間スイッチSW10と等価的に等しい構成を持つので、非閉塞スイッチとなる。

【0117】

次に第5の実施の形態の λ ベースXC装置について説明する。図23は第5の実施の形態の λ ベースXC装置の構成を示す図である。上記で説明した第1の実施の形態～第4の実施の形態の λ ベースXC装置は、すべて完全非閉塞タイプの光クロスコネクトを行う装置であるが、第5の実施の形態の λ ベースXC装置50は、閉塞タイプの光クロスコネクトを行う装置である。 λ ベースXC装置50は、閉塞タイプなので輻輳のおそれがあるが、従来技術と比べると大規模スイッチング及び高スループットが可能なので、ある程度、運用対象が限定できる場合に適用することについては有効である。

【0118】

波長変換部（入力側波長変換部）51-1～51-nは、n個配置して、入力する $\lambda_1 \sim \lambda_m$ のm個の波長が多重されたWDM信号に対し、波長変換を行って、m個の波長を生成する。

【0119】

波長クロスコネクト部52は、m個の波長を分波するn個の分波器52a-1～52a-nと、m個の波長を合波するn個の合波器52b-1～52b-nとを含み、波長単位のクロスコネクトを行う。

【0120】

波長変換部（出力側波長変換部）53-1～53-nは、n個配置して、波長クロスコネクト部52によってクロスコネクトされた後の光信号に対し、波長変換を行って、 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ のm個の波長を生成して送出する。

【0121】

次に第1の実施の形態～第5の実施の形態の λ ベースXC装置に関する装置規模について説明する。図24、図25は λ ベースXC装置の装置規模を示す図である。テーブルT1は、 λ ベースXC装置10～50に対する、波長クロスコネクト部で使用する合分波器（AWGとする）と、波長変換部で使用するAWGと

を示しており、テーブル T2 は、波長変換部の数を示している。

【0122】

なお、以降では、M本の分波出力線を持つAWG（分波器）、またはM本の合波入力線を持つAWG（合波器）のことを $M\lambda$ のAWGと呼ぶ。例えば、波長多重数 m の光信号を m 本の分波出力線から波長毎に分波するAWGは、 $m\lambda$ のAWGである。また、 m 個の波長の各信号を m 本の合波入力線を通じて合波するAWGは、 $m\lambda$ のAWGである。

【0123】

λ ベースXC装置10（図1）の装置規模を見ると、波長クロスコネクタ部12内のAWGの個数は、 $2m\lambda$ のAWG12a-1～12a-nが n 個、 $2m\lambda$ のAWG12b-1～12b-nが n 個である。波長クロスコネクタ部14内のAWGの個数は、 $2m\lambda$ のAWG14a-1～14a-nが n 個、 $2m\lambda$ のAWG14b-1～14b-nが n 個である。したがって、波長クロスコネクタ部内の $2m\lambda$ のAWGは全部で $4n$ 個ある。

【0124】

また、波長変換部11-1～11-nに含まれるAWGの個数は、分波器側の $m\lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $2m\lambda$ のAWGが n 個である。波長変換部15-1～15-nに含まれるAWGの個数は、分波器側の $2m\lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $m\lambda$ のAWGが n 個である。

【0125】

さらに、波長変換部13-1～13-nに含まれるAWGの個数は、分波器側の $2m\lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $2m\lambda$ のAWGが n 個である。したがって、波長変換部全体の $m\lambda$ のAWGは $2n$ 個、 $2m\lambda$ のAWGは $4n$ 個ある。

【0126】

なお、波長変換部の数で見ると、波長多重数 m と波長多重数 $2m$ の変換を行う波長変換部は、波長変換部11-1～11-nと波長変換部15-1～15-nなので $2n$ 個である。また、波長多重数 $2m$ と波長多重数 $2m$ の変換を行う波長変換部は、波長変換部13-1～13-nなので n 個である。

【0127】

λ ベースXC装置20 (図14) の装置規模を見ると、波長クロスコネクト部22内のAWGの個数は、 $2m\lambda$ のAWG22a-1~22a-nが n 個、 $m\lambda$ のAWG22b-1~22b-2nが $2n$ 個である。波長クロスコネクト部24内のAWGの個数は、 $m\lambda$ のAWG24a-1~24a-2nが $2n$ 個、 $2m\lambda$ のAWG24b-1~24b-nが n 個である。したがって、波長クロスコネクト部内の $2m\lambda$ のAWGは $2n$ 個、 $m\lambda$ のAWGは $4n$ 個ある。

【0128】

また、波長変換部21-1~21-nに含まれるAWGの個数は、分波器側の $m\lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $2m\lambda$ のAWGが n 個である。波長変換部25-1~25-nに含まれるAWGの個数は、分波器側の $2m\lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $m\lambda$ のAWGが n 個である。さらに、波長変換部23-1~23-2nに含まれるAWGの個数は、分波器側の $m\lambda$ のAWGが $2n$ 個、合波器側の $m\lambda$ のAWGが $2n$ 個である。したがって、波長変換部全体の $m\lambda$ のAWGは $6n$ 個、 $2m\lambda$ のAWGは $2n$ 個ある。

【0129】

なお、波長変換部の数で見ると、波長多重数 m と波長多重数 $2m$ の変換を行う波長変換部は、波長変換部21-1~21-nと波長変換部25-1~25-nなので $2n$ 個である。また、波長多重数 m と波長多重数 m の変換を行う波長変換部は、波長変換部23-1~23-2nなので $2n$ 個である。 λ ベースXC装置20 (図14) は、 λ ベースXC装置10 (図1) に比べて、 $2m\lambda$ の大規模なAWGの個数を削減することができる。

【0130】

λ ベースXC装置30 (図17) の装置規模を見ると、波長クロスコネクト部32内のAWGの個数は、 $(2m-1)\lambda$ のAWG32a-1~32a-nが n 個、 $n\lambda$ のAWG32b-1~32b- $(2m-1)$ が $2m-1$ 個である。波長クロスコネクト部34内のAWGの個数は、 $n\lambda$ のAWG34a-1~34a- $(2m-1)$ が $2m-1$ 個、 $(2m-1)\lambda$ のAWG34b-1~34b-nが n 個である。したがって、波長クロスコネクト部内の $(2m-1)\lambda$ のAWGは $2n$ 個、 $n\lambda$ のAWGは $2 \cdot (2m-1)$ 個ある。

【0131】

また、波長変換部 31-1 ~ 31-n に含まれる AWG の個数は、分波器側の $m\lambda$ の AWG が n 個、合波器側の $(2m-1)\lambda$ の AWG が n 個である。波長変換部 35-1 ~ 35-n に含まれる AWG の個数は、分波器側の $(2m-1)\lambda$ の AWG が n 個、合波器側の $m\lambda$ の AWG が n 個である。さらに、波長変換部 33-1 ~ 33- $(2m-1)$ に含まれる AWG の個数は、分波器側の $n\lambda$ の AWG が $(2m-1)$ 個、合波器側の $n\lambda$ の AWG が $(2m-1)$ 個である。したがって、波長変換部全体の $m\lambda$ の AWG は $2n$ 個、 $(2m-1)\lambda$ の AWG は $2n$ 個、 $n\lambda$ の AWG は $2 \cdot (2m-1)$ 個ある。

【0132】

なお、波長変換部の数で見ると、波長多重数 m と波長多重数 $2m-1$ の変換を行う波長変換部は、波長変換部 31-1 ~ 31-n と波長変換部 35-1 ~ 35-n なので $2n$ 個である。また、波長多重数 n と波長多重数 n の変換を行う波長変換部は、波長変換部 33-1 ~ 33- $(2m-1)$ なので $(2m-1)$ 個である。

【0133】

λ ベース XC 装置 30 (図 17) は、 λ ベース XC 装置 10 (図 1) や λ ベース XC 装置 20 (図 14) と比べると、 $2m\lambda$ の AWG を使用しないので、大規模な AWG の使用個数は少なくなるが、素子数は多くなる。

【0134】

λ ベース XC 装置 40 (図 20) の装置規模を見ると、波長クロスコネクタ部 42 内の AWG の個数は、 $mn\lambda$ の AWG 42a-1 ~ 42a-n が n 個、 $mn\lambda$ の AWG 42b-1 ~ 42b-n が n 個である。したがって、波長クロスコネクタ部内の $mn\lambda$ の AWG は $2n$ 個ある。

【0135】

また、波長変換部 41-1 ~ 41-n に含まれる AWG の個数は、分波器側の $m\lambda$ の AWG が n 個、合波器側の $mn\lambda$ の AWG が n 個である。波長変換部 43-1 ~ 43-n に含まれる AWG の個数は、分波器側の $mn\lambda$ の AWG が n 個、合波器側の $m\lambda$ の AWG が n 個である。したがって、波長変換部全体の $m\lambda$ の A

WGは $2n$ 個、 $m n \lambda$ のAWGは $2n$ 個ある。

【0136】

なお、波長変換部の数で見ると、波長多重数 m と波長多重数 $m n$ の変換を行う波長変換部は、波長変換部 $41-1 \sim 41-n$ と波長変換部 $43-1 \sim 43-n$ なので $2n$ 個である。 λ ベースXC装置40（図20）は、 $m n \lambda$ の大規模なAWGが可能であるならば、最もシンプルな構成となる。

【0137】

λ ベースXC装置50（図23）の装置規模を見ると、波長クロスコネクト部52内のAWGの個数は、 $m \lambda$ のAWG $52a-1 \sim 52a-n$ が n 個、 $m \lambda$ のAWG $52b-1 \sim 52b-n$ が n 個である。したがって、波長クロスコネクト部内の $m \lambda$ のAWGは $2n$ 個ある。

【0138】

また、波長変換部 $51-1 \sim 51-n$ に含まれるAWGの個数は、分波器側の $m \lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $m \lambda$ のAWGが n 個である。波長変換部 $53-1 \sim 53-n$ に含まれるAWGの個数は、分波器側の $m \lambda$ のAWGが n 個、合波器側の $m \lambda$ のAWGが n 個である。したがって、波長変換部内の $m \lambda$ のAWGは $4n$ 個ある。

【0139】

なお、波長変換部の数で見ると、波長多重数 m と波長多重数 m の変換を行う波長変換部は、波長変換部 $51-1 \sim 51-n$ と波長変換部 $53-1 \sim 53-n$ なので $2n$ 個である。 λ ベースXC装置50（図23）は、閉塞タイプなので、適用環境または仕様を選択する必要がある。

【0140】

以上説明したように、本発明の λ ベースXC装置は、波長ベースで光路を切り換える構成としたので、従来のOXCのように空間スイッチが不要となり、大規模のスイッチングを行って高スループットな光クロスコネクトを実現することが可能になる。なお、合波器、分波器の規模とコスト等の状況から、本発明の実施の形態の中から最適な装置構成を選択することができる。

【0141】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光クロスコネクタ装置は、入力光信号のWDM数が n 、WDM波長数が m の場合に、第1～第3の波長変換部では、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ までの波長変換を行い、第1、第2の波長クロスコネクタ部では、 $\lambda_1 \sim \lambda_{2m}$ までの波長を扱う分波器と合波器とで構成し、分波器と合波器の接続は、 $2m/n$ 本の接続束により各波長が重複しないように接続して、波長単位に光クロスコネクタを行う構成とした。これにより、大規模のスイッチングを行って高スループットな光クロスコネクタを実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の光クロスコネクタ装置の原理図である。

【図2】

$n=2$ 、 $m=2$ のときの λ ベースXC装置の動作を説明するための図である。

【図3】

波長変換部の構成を示す図である。

【図4】

波長変換部の構成を示す図である。

【図5】

閉塞タイプのスイッチの一例を示す図である。

【図6】

非閉塞タイプのスイッチの一例を示す図である。

【図7】

スイッチング後のパス状態を示す図である。

【図8】

非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。

【図9】

非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。

【図10】

非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。

【図 11】

非閉塞タイプの空間スイッチの構成を示す図である。

【図 12】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 13】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 14】

第 2 の実施の形態の λ ベース X C 装置の構成を示す図である。

【図 15】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 16】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 17】

第 3 の実施の形態の λ ベース X C 装置の構成を示す図である。

【図 18】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 19】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 20】

第 4 の実施の形態の λ ベース X C 装置の構成を示す図である。

【図 21】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 22】

λ ベース X C 装置と空間スイッチとの対応関係を示す図である。

【図 23】

第 5 の実施の形態の λ ベース X C 装置の構成を示す図である。

【図 24】

λ ベース X C 装置の装置規模を示す図である。

【図 25】

λ ベース X C 装置の装置規模を示す図である。

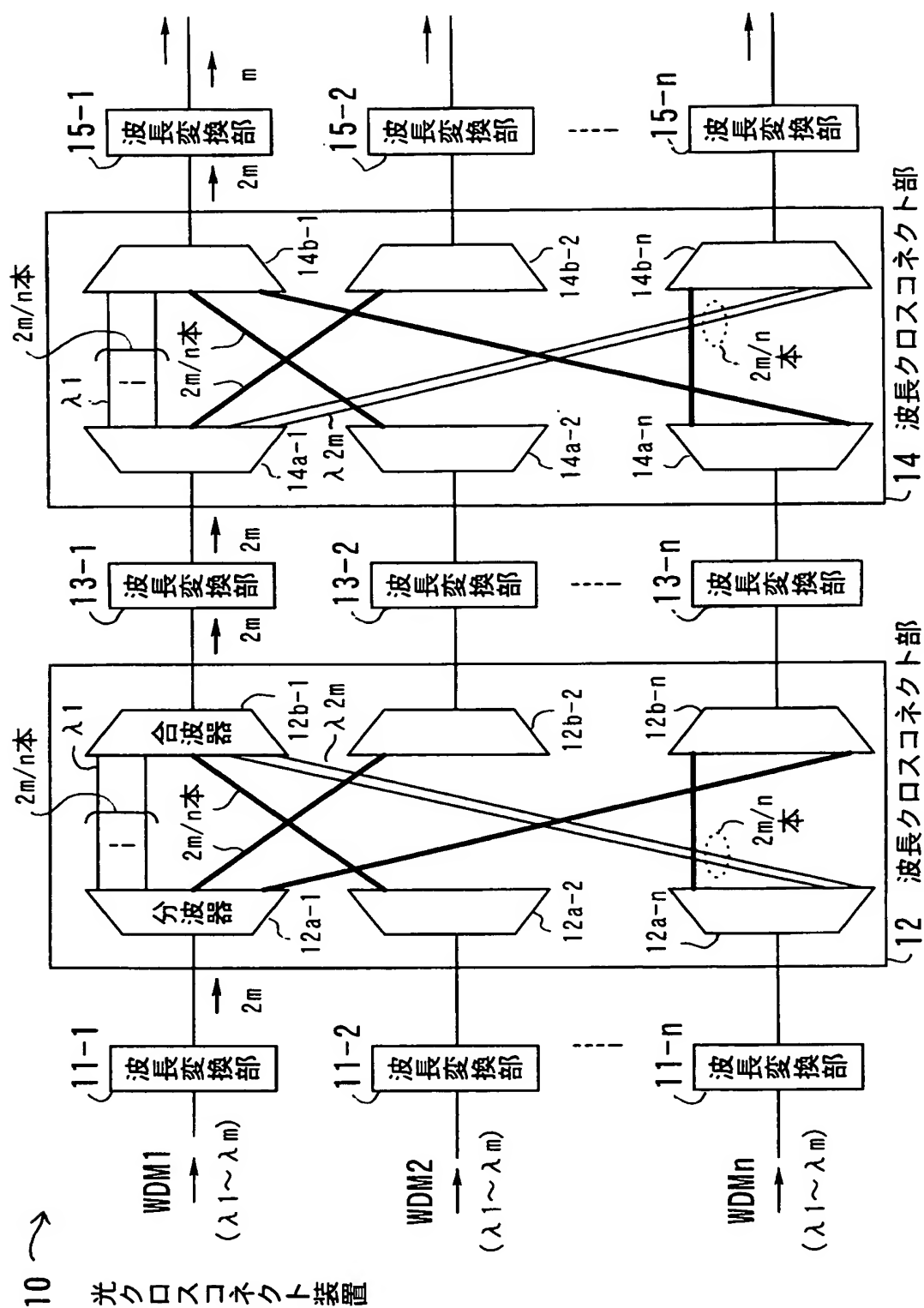
【符号の説明】

- 1 0 光クロスコネクタ装置
- 1 1 - 1 ~ 1 1 - n 波長変換部
- 1 2 波長クロスコネクタ部
- 1 2 a - 1 ~ 1 2 a - n 分波器
- 1 2 b - 1 ~ 1 2 b - n 合波器
- 1 3 - 1 ~ 1 3 - n 波長変換部
- 1 4 波長クロスコネクタ部
- 1 4 a - 1 ~ 1 4 a - n 分波器
- 1 4 b - 1 ~ 1 4 b - n 合波器
- 1 5 - 1 ~ 1 5 - n 波長変換部

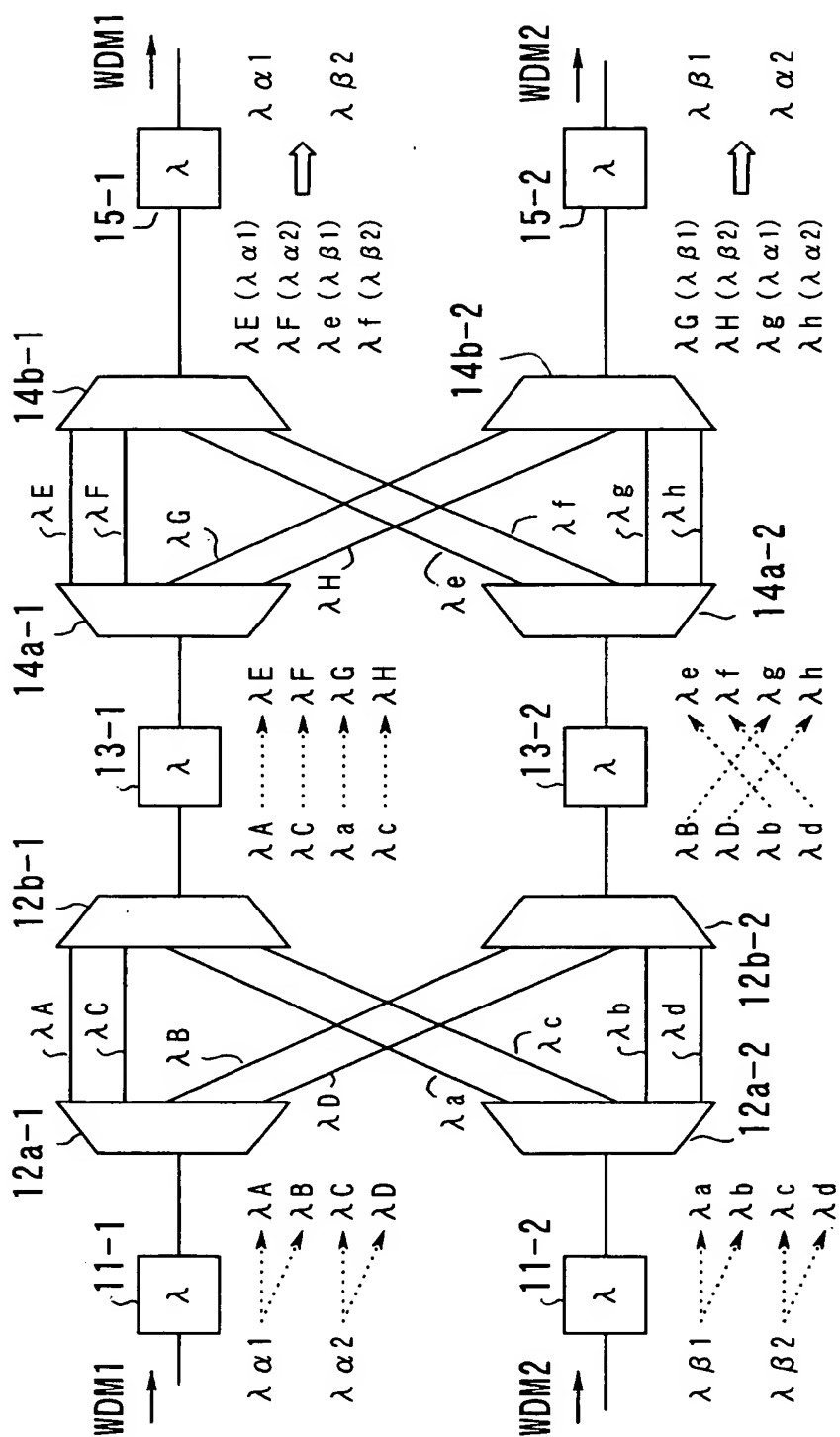
【書類名】

図面

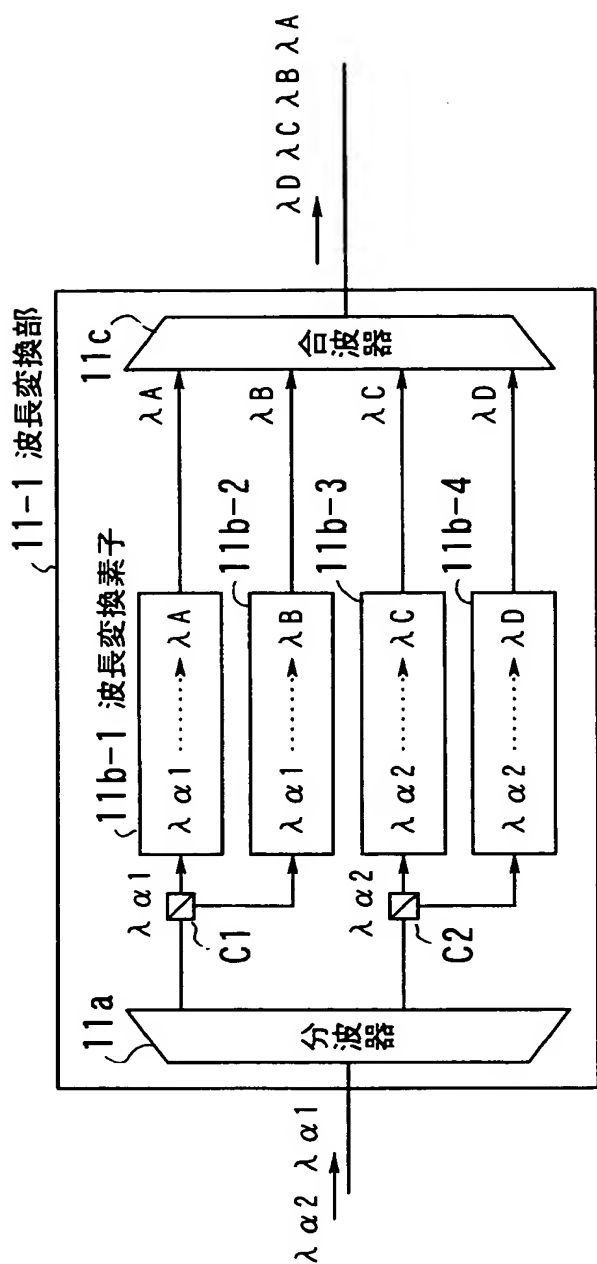
【図 1】



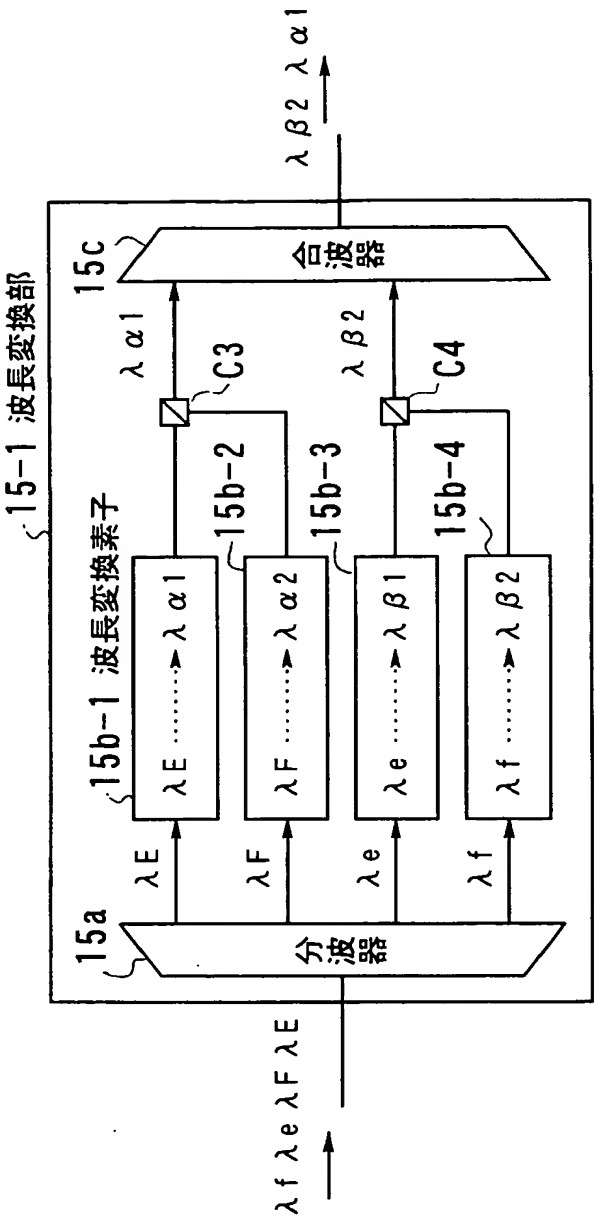
【図 2】



【図 3】

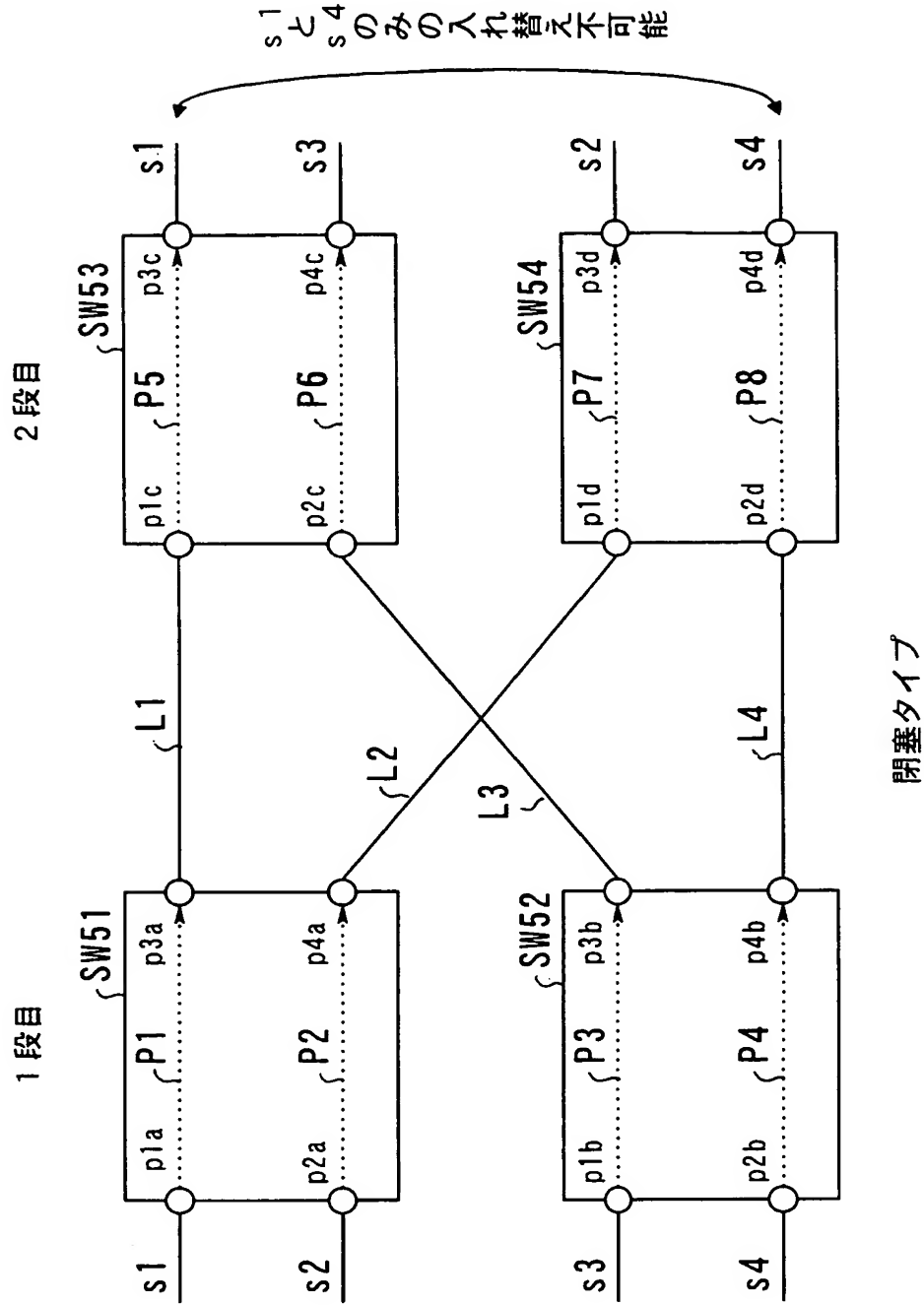


【図 4】

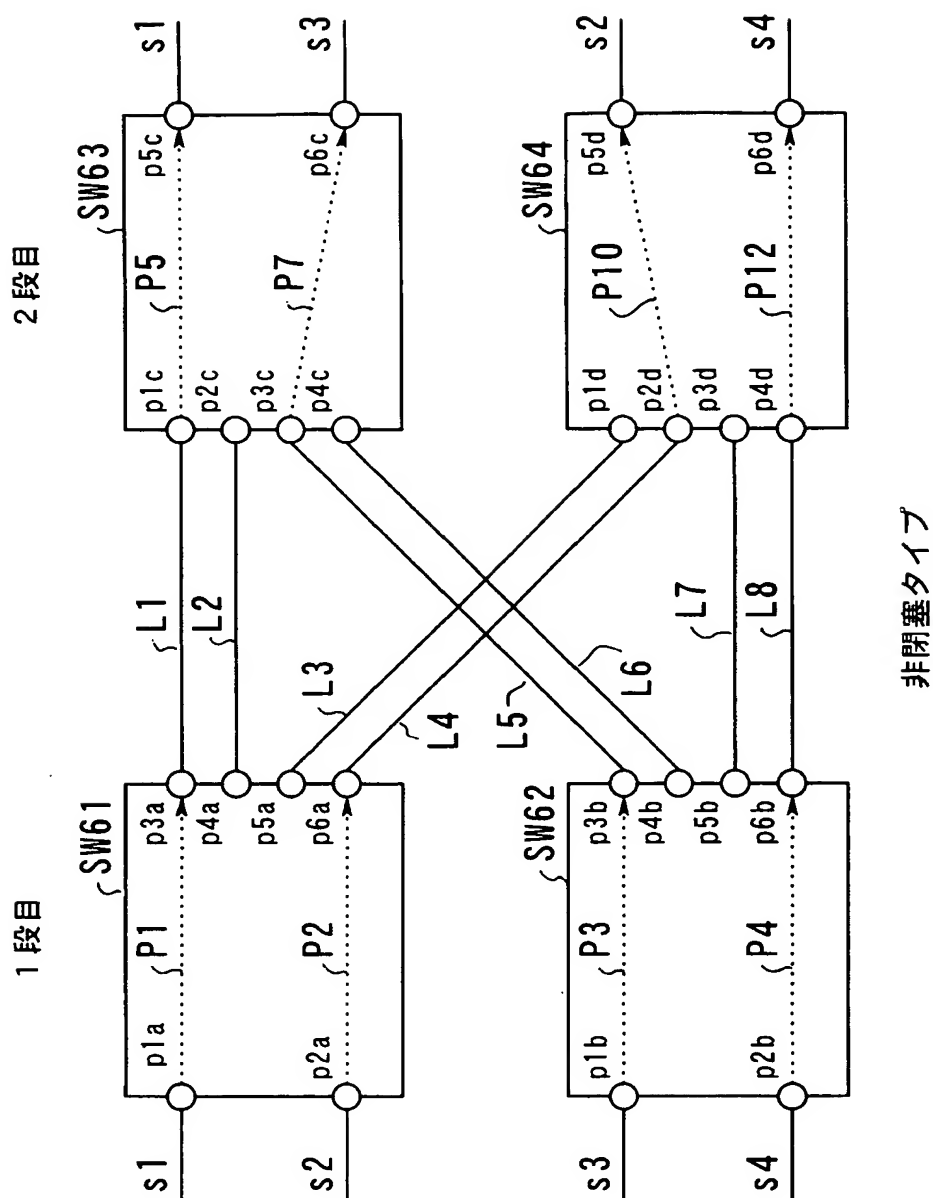


【図 5】

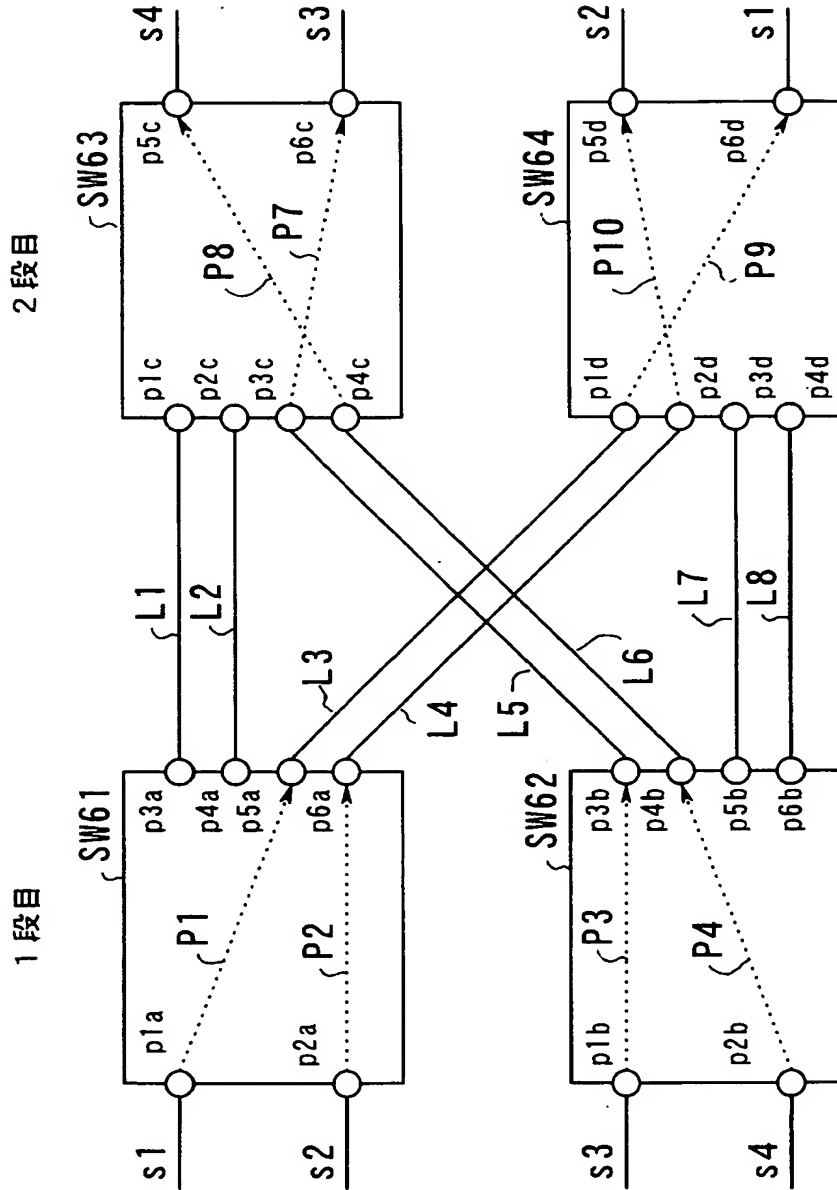
$m \times m$ スイッチの $m-1$ 本が確立すると、スイッチ内の残りのパスが向かう先は決まってしまう



【図 6】

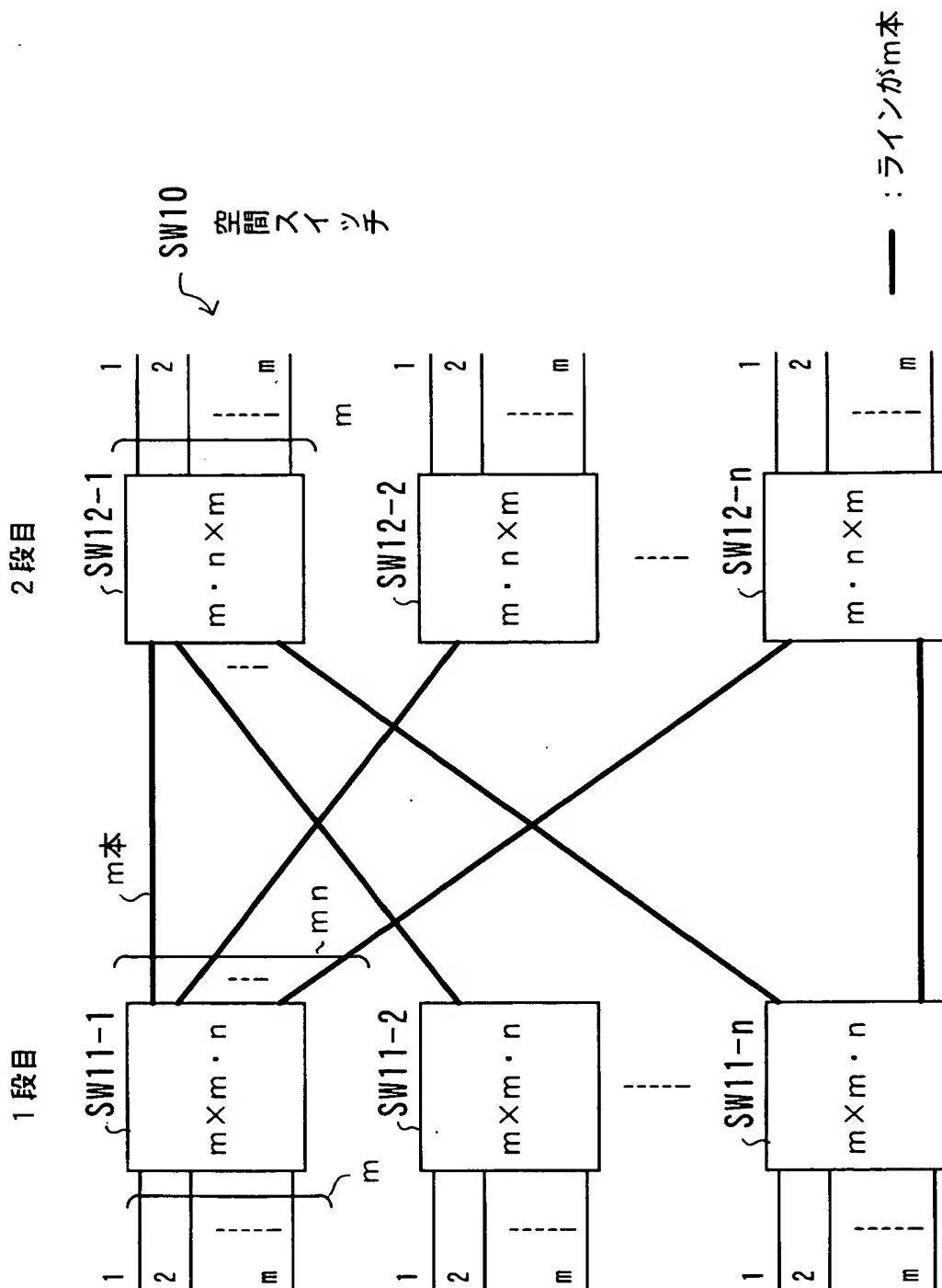


【図 7】

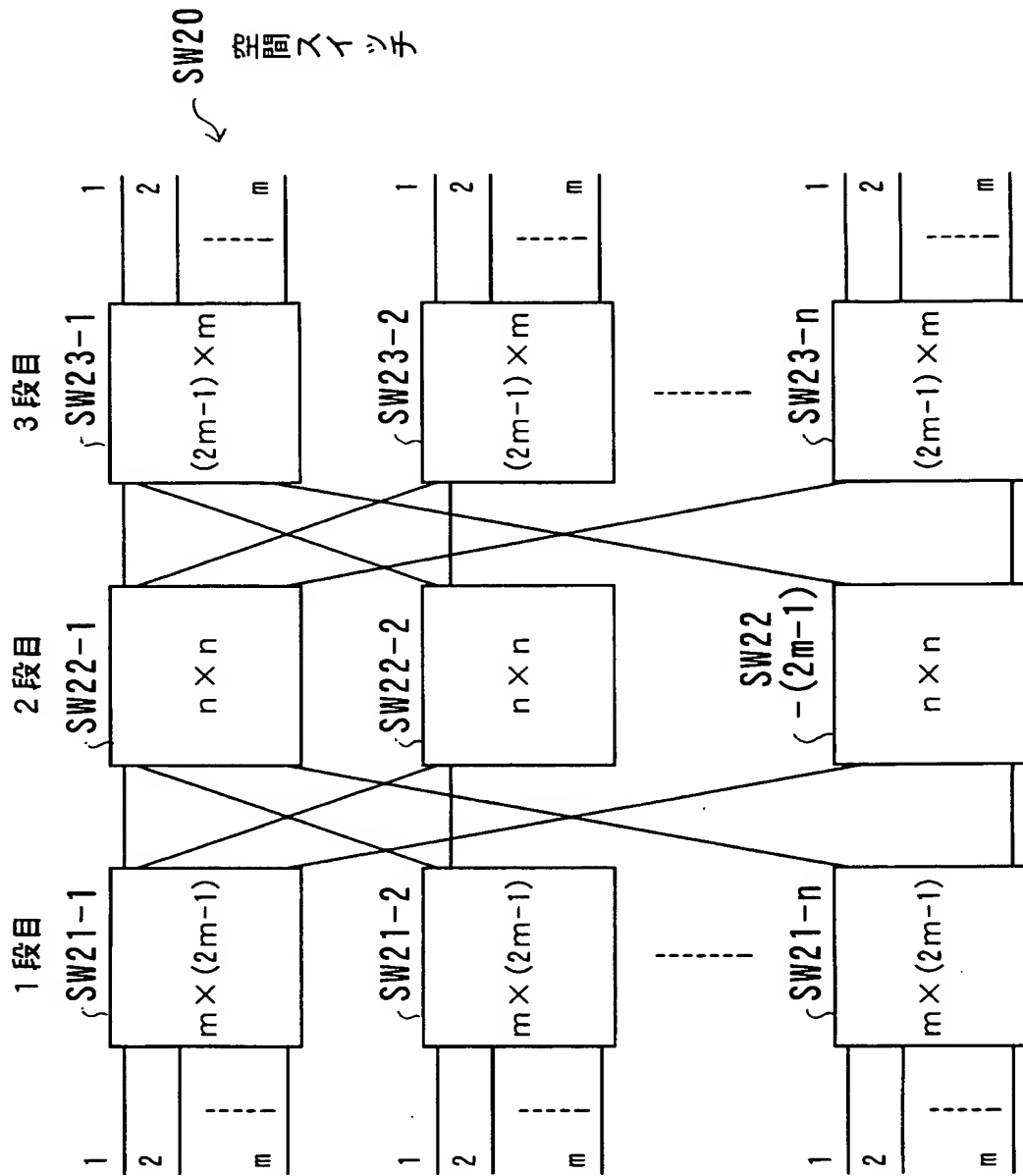


非閉塞タイプ

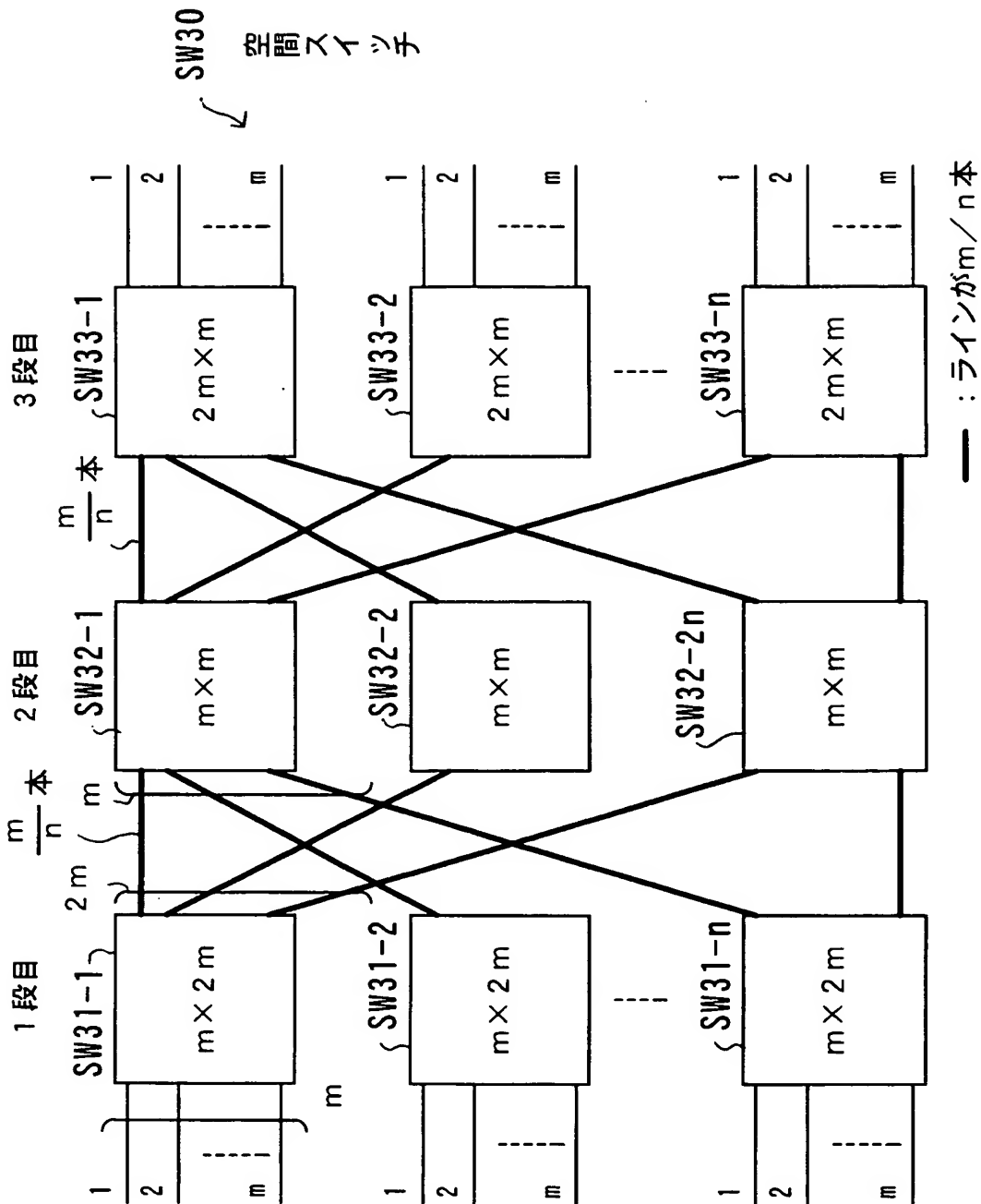
【図 8】



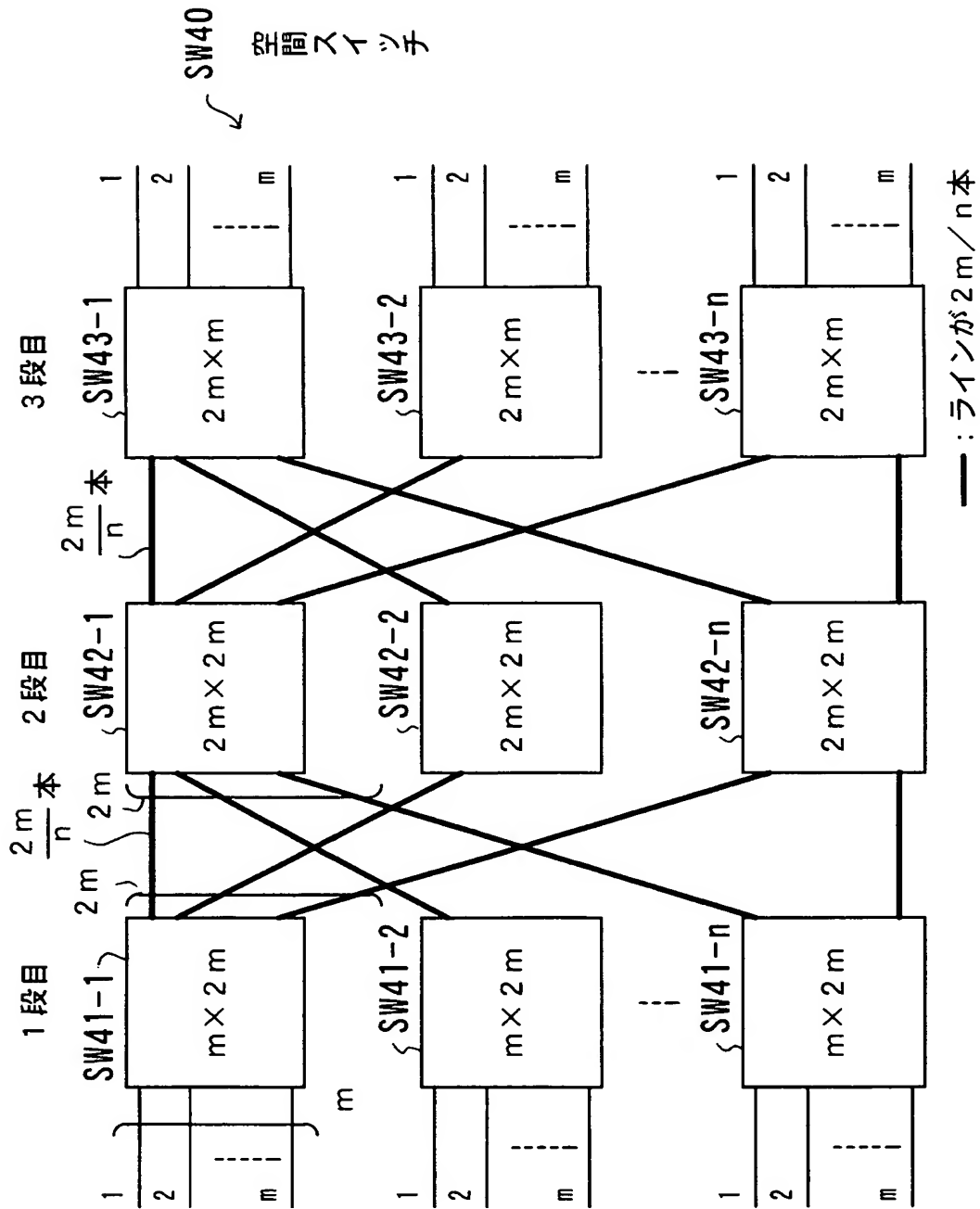
【図 9】



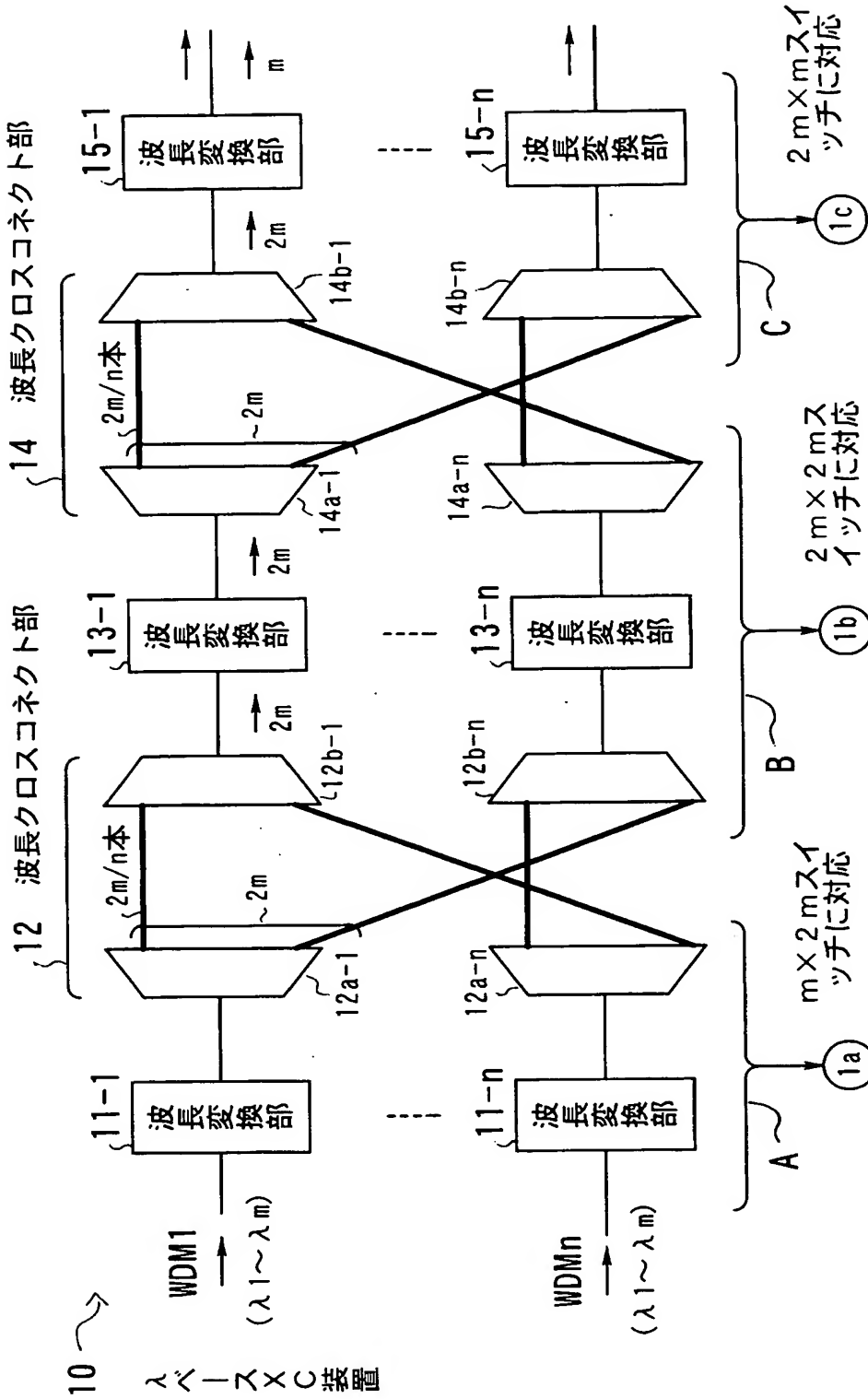
【図 10】



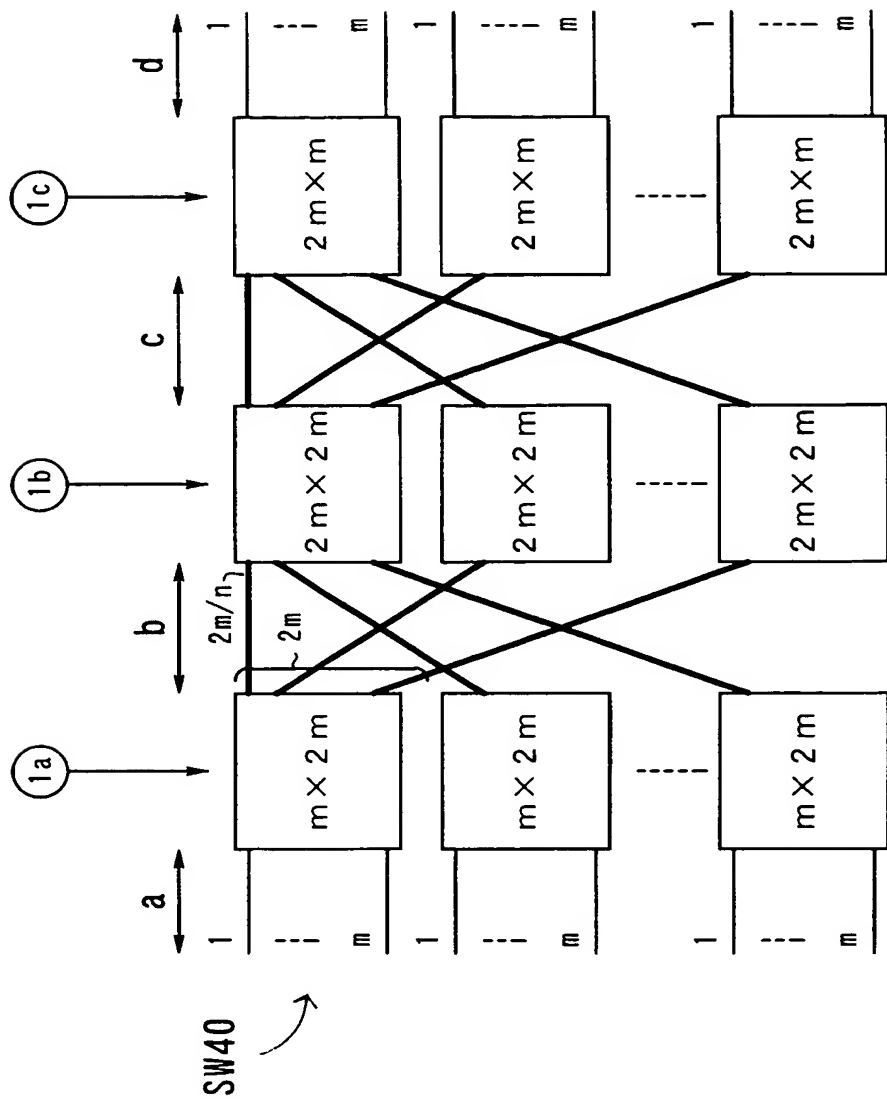
【図 11】



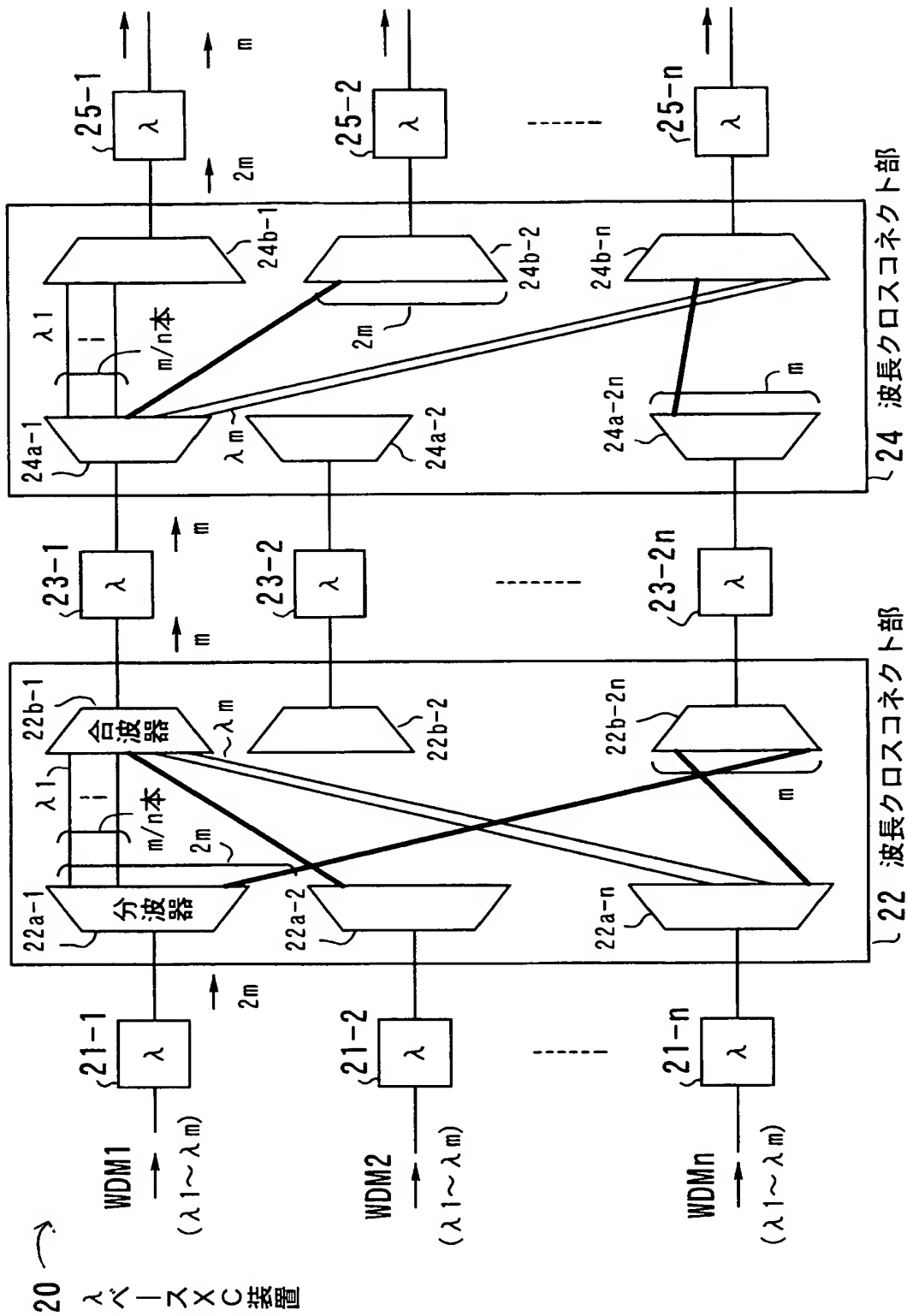
【図 12】



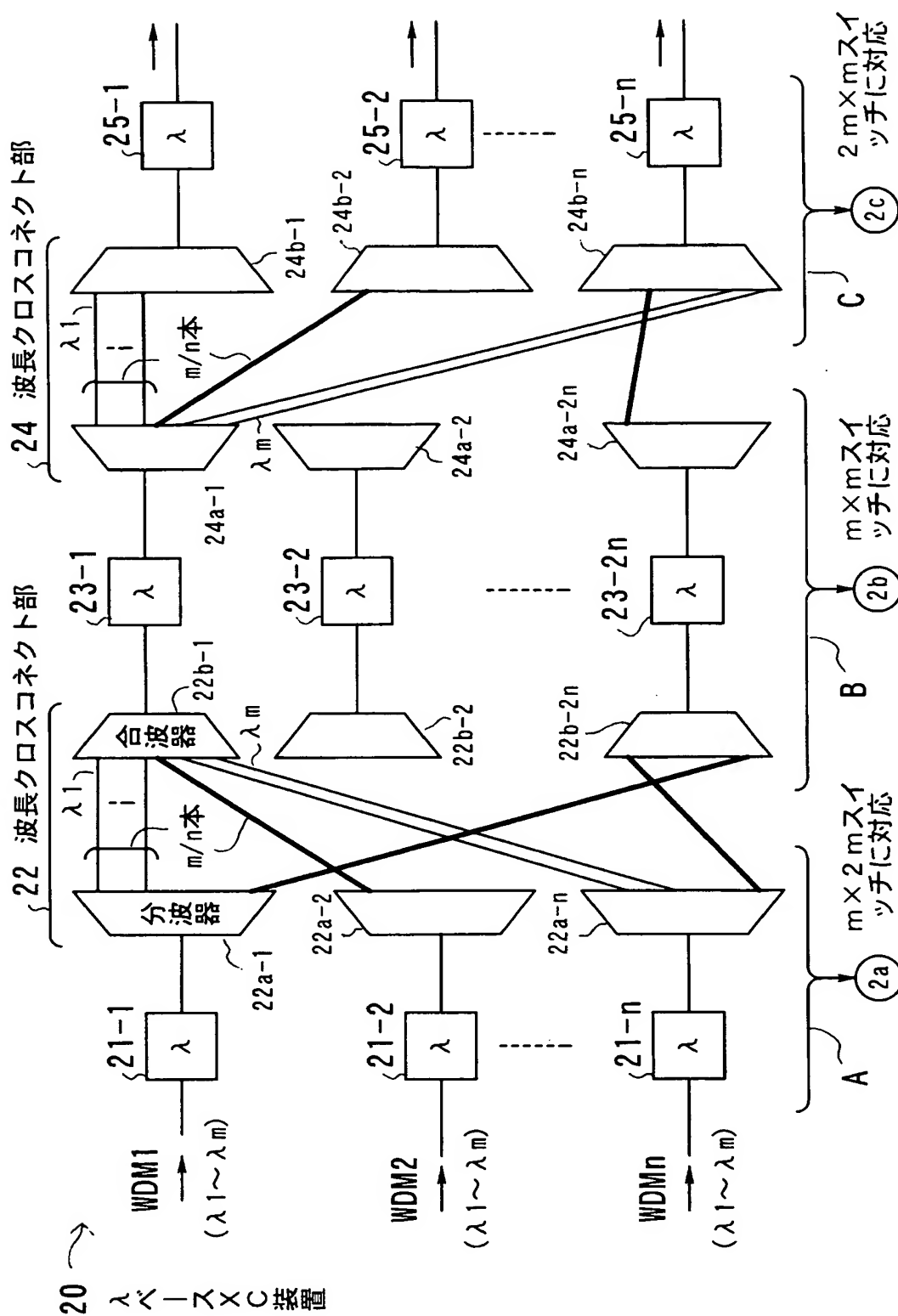
【図 13】



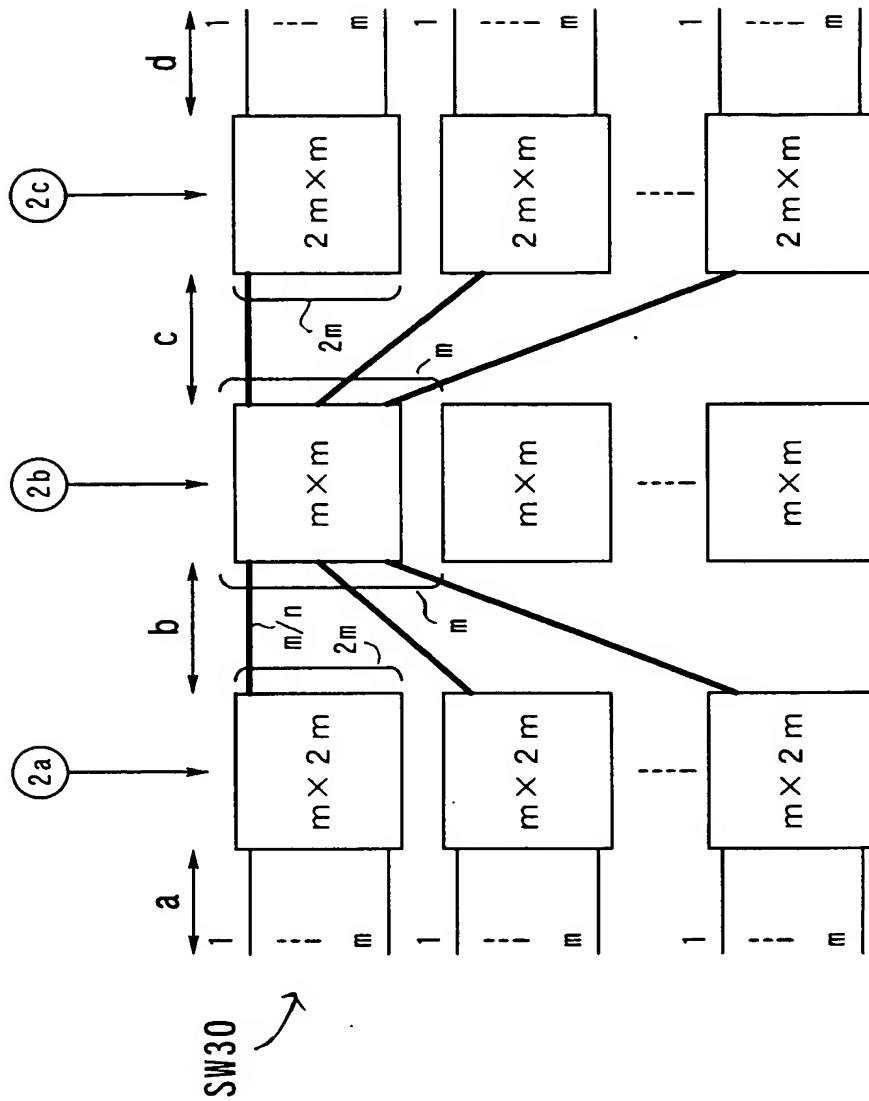
【図 14】



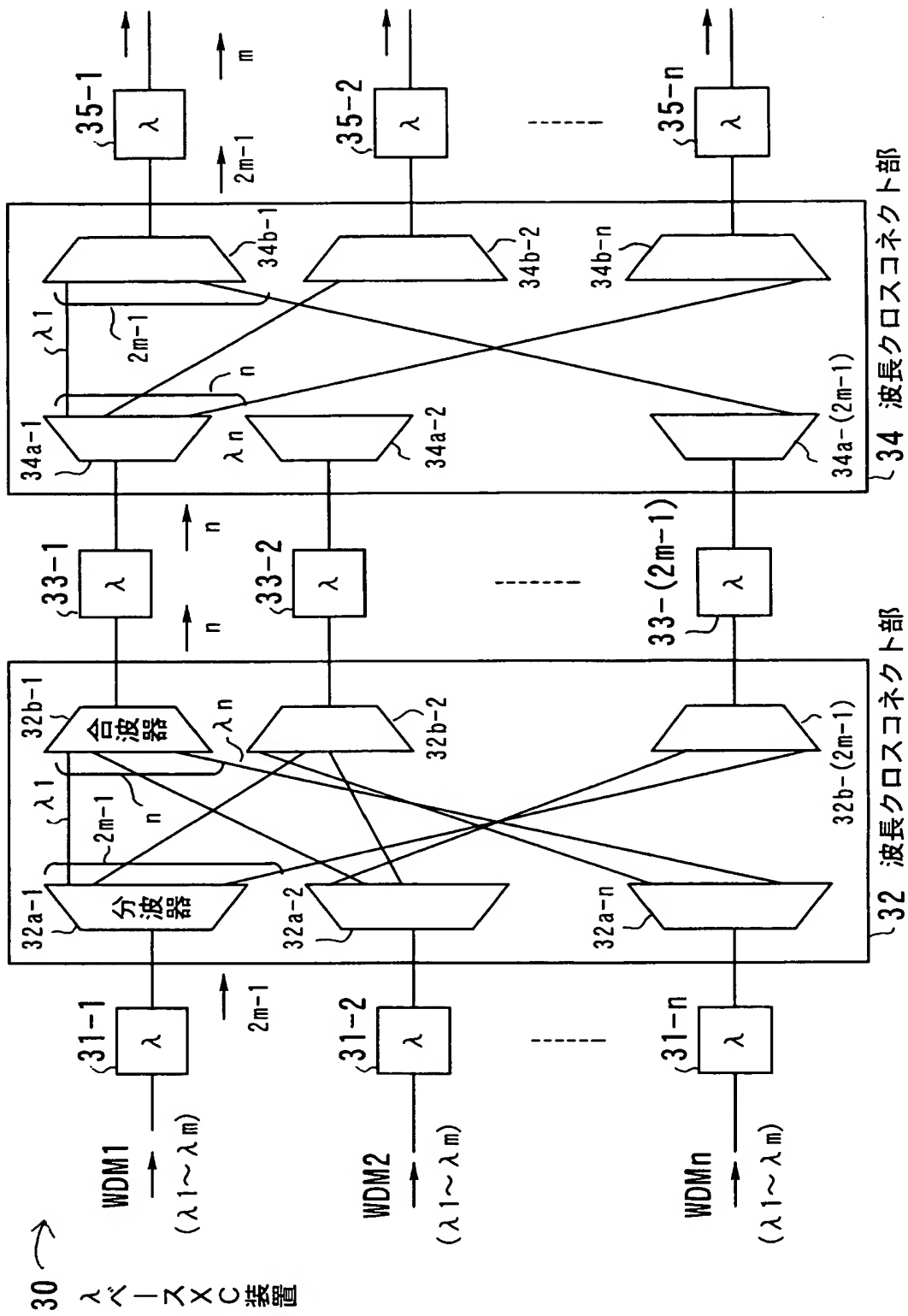
【図15】



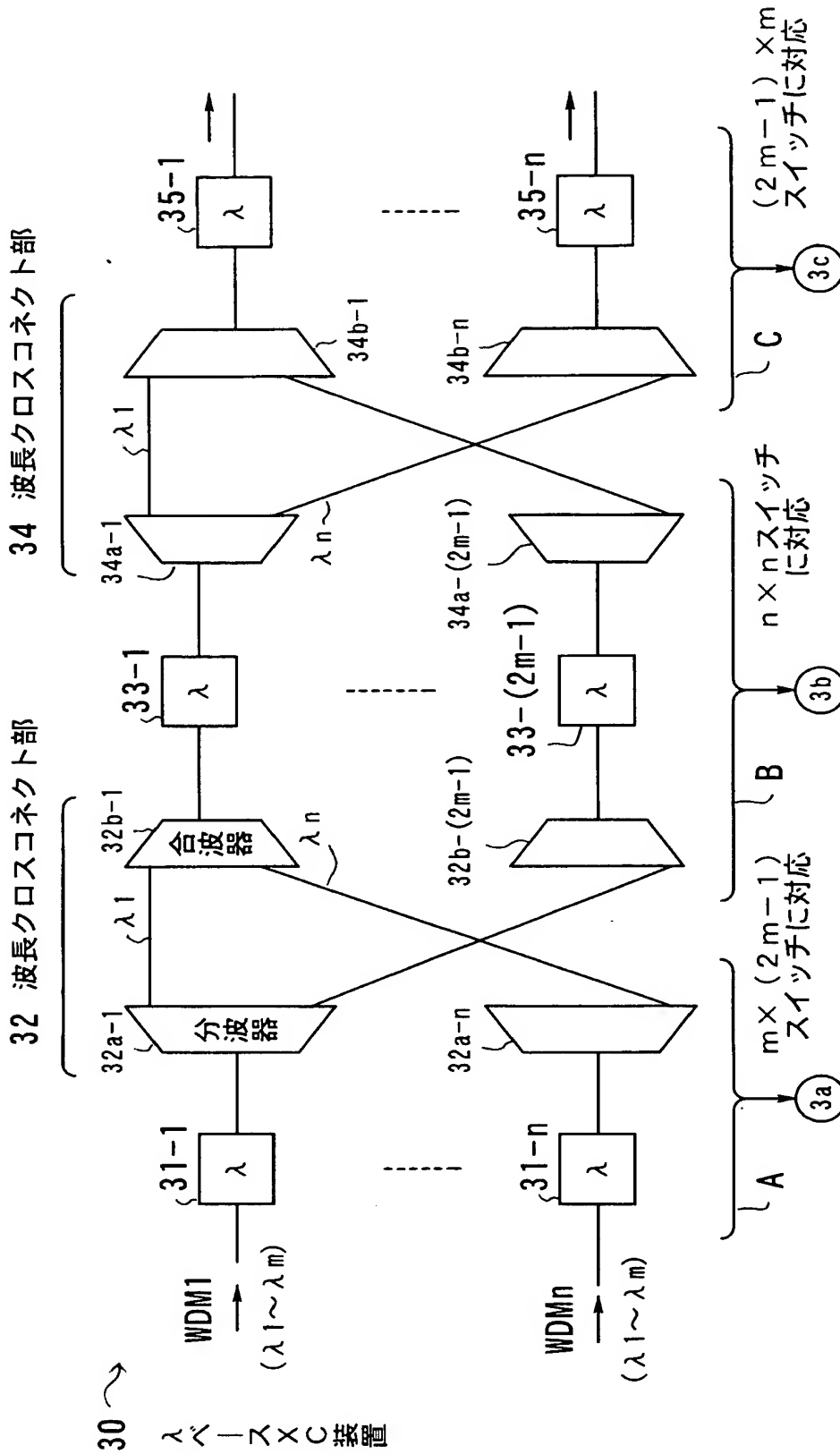
【図 16】



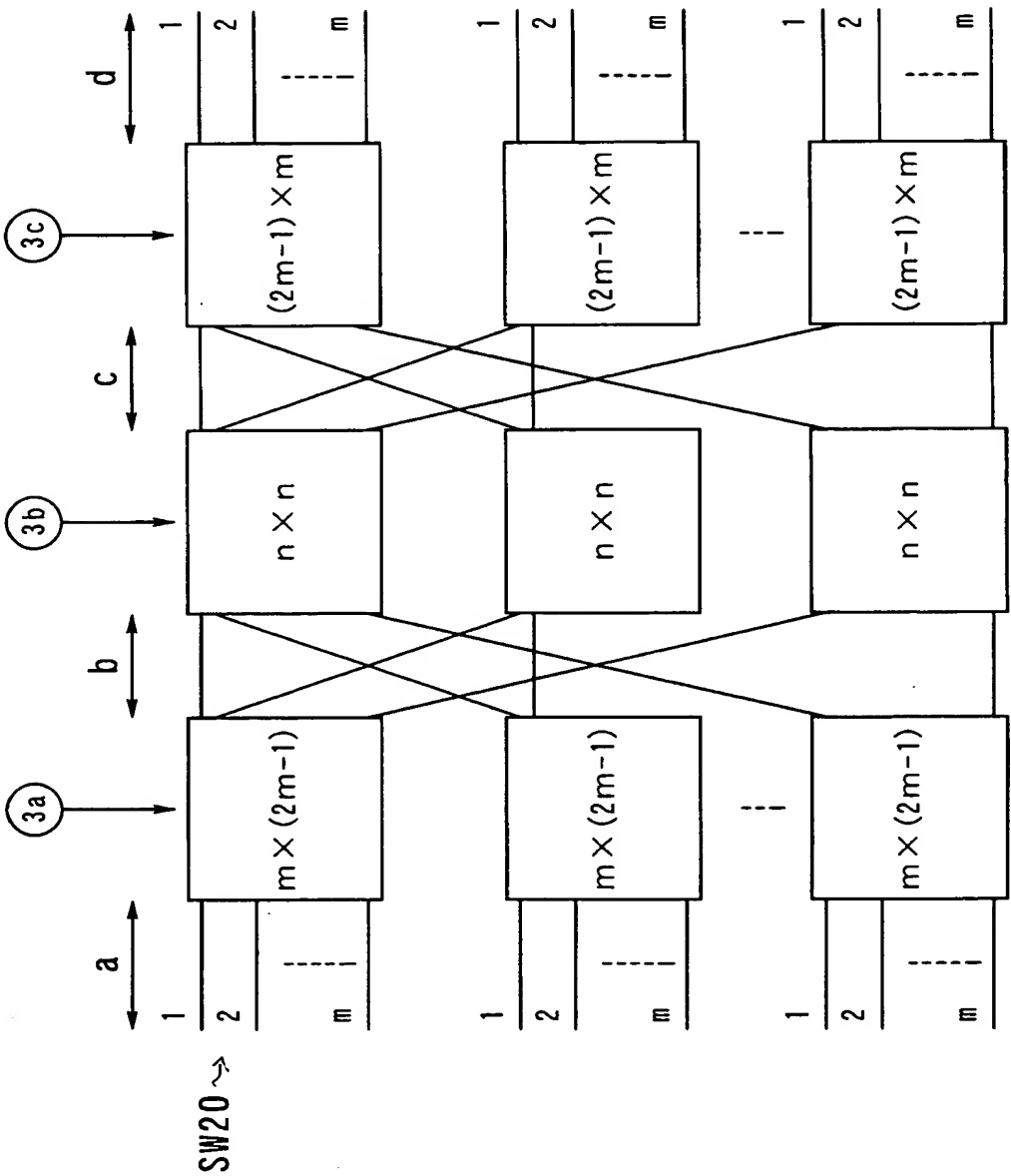
【図 17】



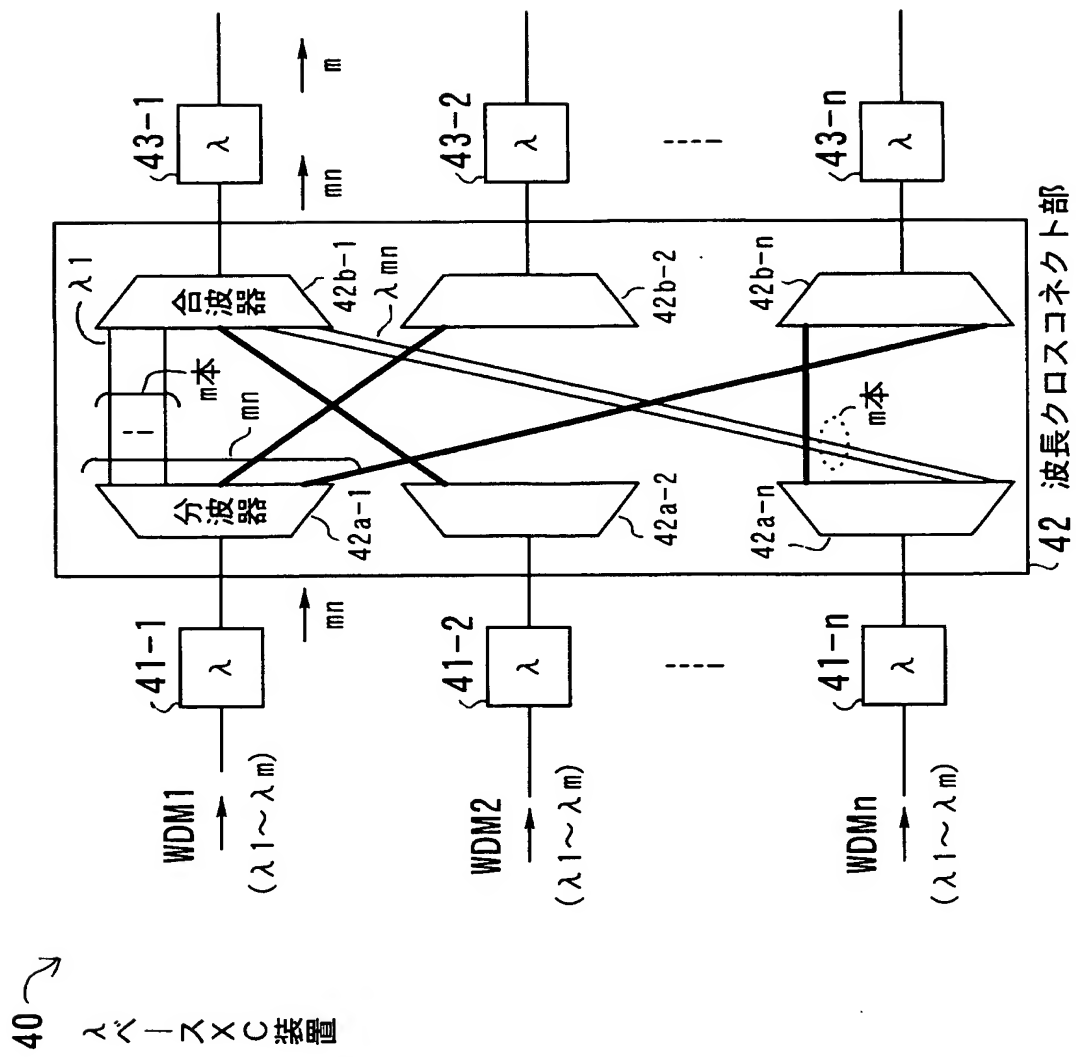
【図 18】



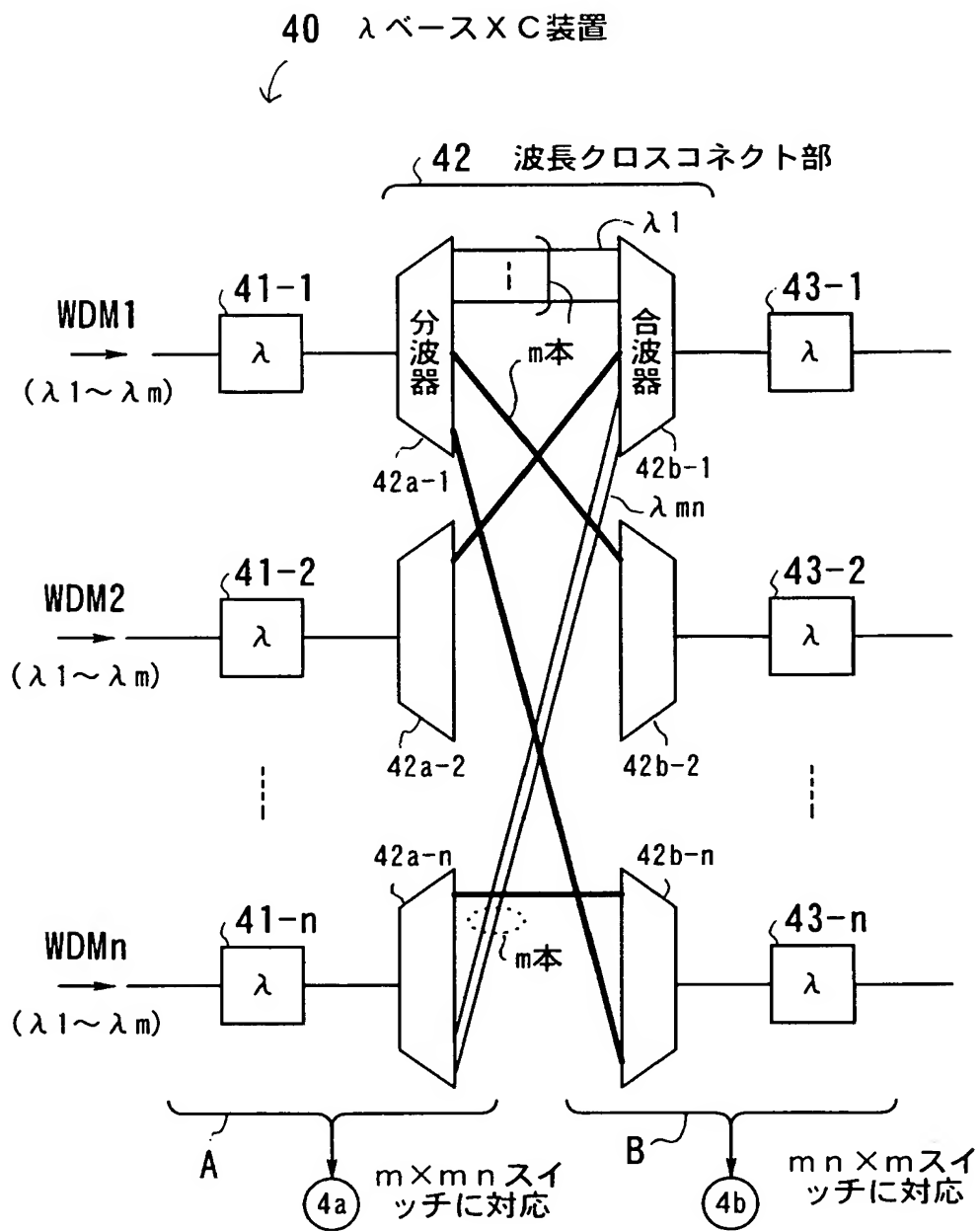
【図 19】



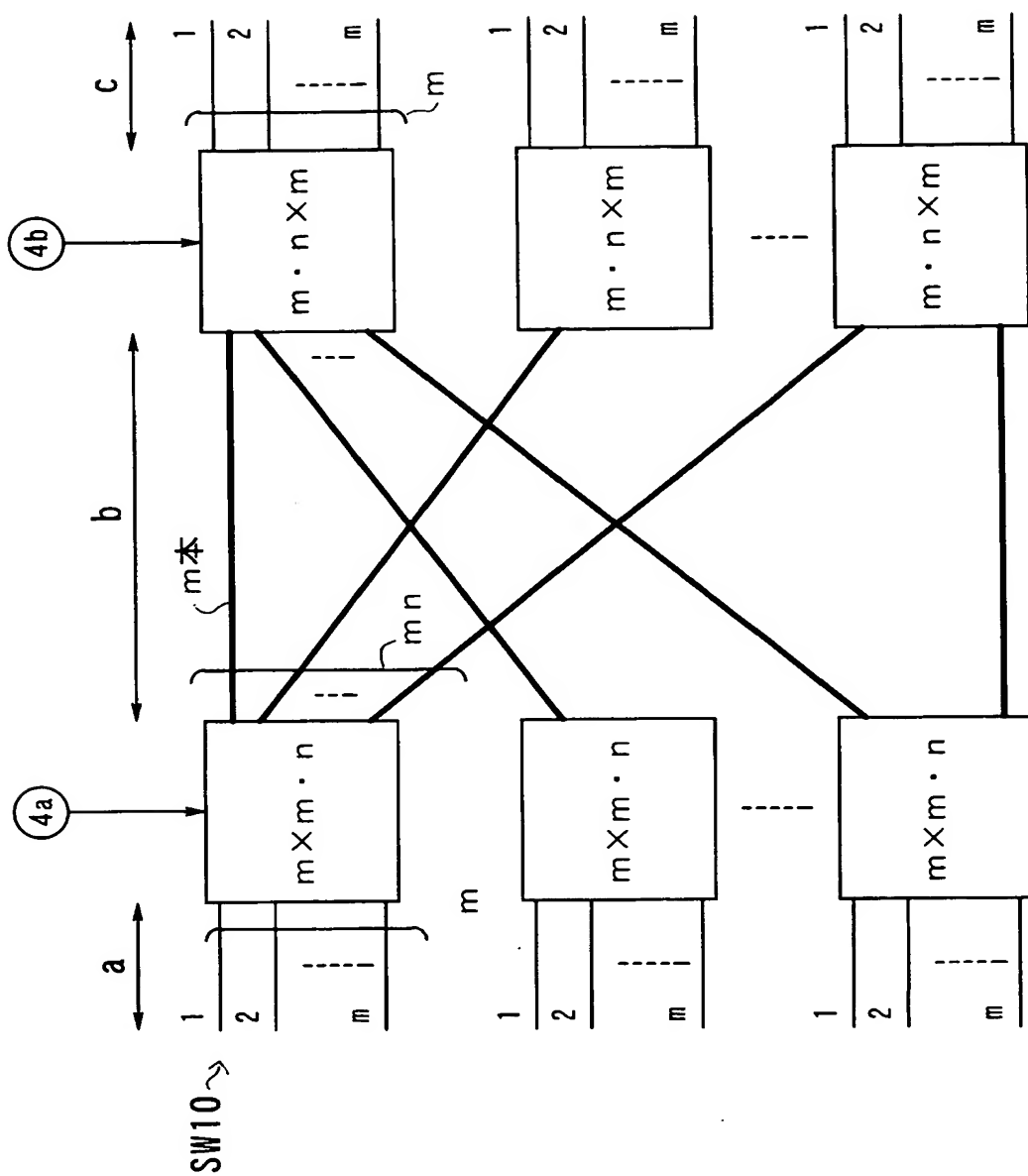
【図 20】



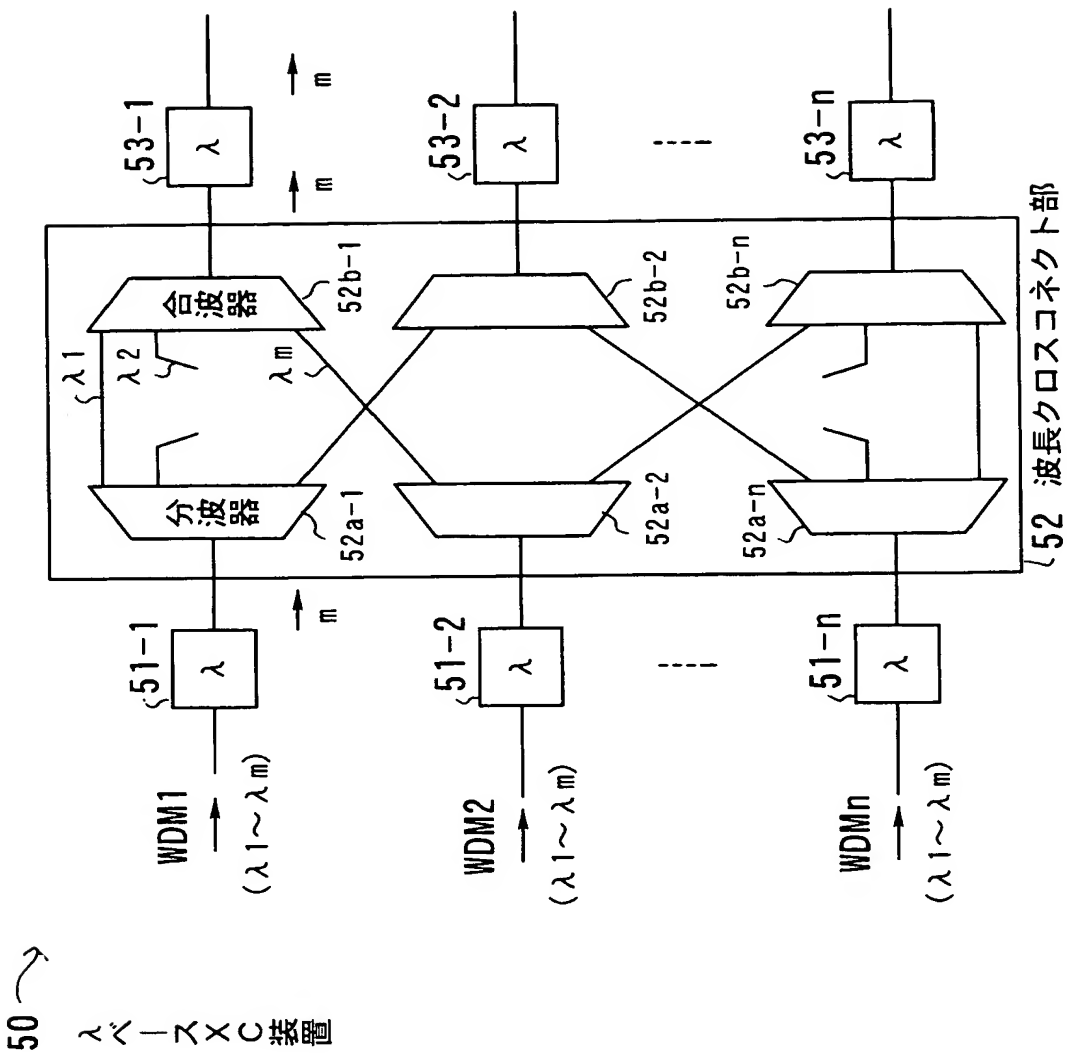
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【図 24】

← T1

| | 波長クロスコネクト部の AWG | | | | | | 波長変換部の AWG | | | | | |
|-------------------|-----------------|-----|---------|----------|-------|--|------------|-----|---------|----------|-------|--|
| | 2mλ | mλ | (2m-1)λ | nλ | m n λ | | 2mλ | mλ | (2m-1)λ | nλ | m n λ | |
| λ ベース XC 装置 10 | 4 n | | | | | | 4 n | 2 n | | | | |
| λ ベース XC 装置 20 | 2 n | 4 n | | | | | 2 n | 6 n | | | | |
| λ ベース XC 装置 30 | | | 2 n | 2 (2m-1) | | | | 2 n | 2 n | 2 (2m-1) | | |
| λ ベース XC 装置 40 | | | | | 2 n | | | 2 n | | | 2 n | |
| λ ベース XC 装置 50 | | 2 n | | | | | | 4 n | | | | |

【図 25】

12

| | 波長変換部の数 | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|--|
| | $m \leftrightarrow m$ | $m \leftrightarrow 2m$ | $m \leftrightarrow 2m-1$ | $2m \leftrightarrow 2m$ | $n \leftrightarrow n$ | $m \leftrightarrow mn$ | |
| λ ベース XC 装置 10 | | $2n$ | | n | | | |
| λ ベース XC 装置 20 | $2n$ | $2n$ | | | | | |
| λ ベース XC 装置 30 | | | $2n$ | | $2m-1$ | | |
| λ ベース XC 装置 40 | | | | | | $2n$ | |
| λ ベース XC 装置 50 | $2n$ | | | | | | |

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大規模のスイッチングを行って高スループットな光クロスコネクトを実現する。

【解決手段】 入力光信号のWDM数が n 、WDM波長数が m の場合に、第1の波長変換部 $11-1 \sim 11-n$ 、第2の波長変換部 $13-1 \sim 13-n$ 、第3の波長変換部 $15-1 \sim 15-n$ では、 $\lambda 1 \sim \lambda 2m$ までの波長変換を行い、第1の波長クロスコネクト部 12 は $\lambda 1 \sim \lambda 2m$ までの波長を扱う分波器 $12a-1 \sim 12a-n$ と合波器 $12b-1 \sim 12b-n$ とで構成し、第2の波長クロスコネクト部 14 は、 $\lambda 1 \sim \lambda 2m$ までの波長を扱う分波器 $14a-1 \sim 14a-n$ と合波器 $14b-1 \sim 14b-n$ とで構成し、分波器と合波器の接続は、 $2m/n$ 本の接続束により各波長が重複しないように接続して、波長単位に光クロスコネクトを行う。

【選択図】 図1



特願 2 0 0 3 - 0 4 3 6 6 5

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1 . 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

. [変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社